



Universidad de Valladolid



ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES

Grado en Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo de
Producto

Diseño de un Dispositivo de Monitorización en Tiempo Real para el Transporte Equino

Autor:

Garrido Freijanes, Vicente José

Tutor:

Prádanos del Pico, Roberto Enrique
Departamento de Expresión Gráfica
en la Ingeniería

Valladolid, Junio, 2020.

*A mi padre,
por enseñármelo todo acerca de este maravilloso mundo.*

Resumen

El siguiente proyecto tiene como fin el desarrollo de un dispositivo de monitorización en tiempo real enfocado al transporte equino. Durante los últimos años el transporte de caballos por carretera se ha incrementado considerablemente. Sin embargo, las condiciones en las que son transportados apenas han mejorado. Por ello, el siguiente documento recoge el desarrollo de un producto capaz de medir diferentes variables ambientales, como la temperatura, la humedad o la calidad del aire y reportar estos valores al conductor del vehículo en tiempo real sin comprometer la capacidad de atención de este hacia la carretera.

Palabras Clave

- EquioT
- Monitorización
- Transporte
- Equino
- Ambiente

Abstract

The following project aims to develop a real-time monitoring device focused on equine transport. During the last years, the road transportation of horses has increased considerably. However, the conditions in which they are transported have hardly improved. The following document collects the development of a product ready to measure different environmental variables, such as temperature, humidity or air quality, and report these values to the driver of the vehicle in real time without compromising the driver's attention towards road.

Keywords

- EquioT
- Monitoring
- Transport
- Equine
- Environment

Índice

| | | |
|-------|--|----|
| 1. | Introducción y Objetivos | 1 |
| 1. | Objetivos | 1 |
| 2. | Justificación..... | 1 |
| 3. | Alcance | 1 |
| 2. | Memoria..... | 3 |
| 1. | Introducción y Estudio Previo | 3 |
| 1.1. | El transporte equino | 3 |
| 1.2. | La salud en los equinos durante su transporte..... | 4 |
| 1.3. | El transporte por carretera | 11 |
| 2. | Dispositivos Existentes en la Actualidad | 17 |
| 2.1. | Sistemas de monitorización durante el transporte | 17 |
| 2.2. | Sistemas de monitorización en caballos | 19 |
| 2.3. | Patentes Actuales..... | 22 |
| 3. | Desarrollo y Definición del Producto | 25 |
| 3.1. | Introducción | 25 |
| 3.2. | Necesidades de Mercado y Situación Actual | 25 |
| 3.3. | Necesidades Legales | 27 |
| 3.4. | Diseño Conceptual | 28 |
| 3.5. | Diseño en Detalle General | 31 |
| 3.6. | Diseño en Detalle: Módulo Emisor | 40 |
| 3.7. | Diseño en Detalle: Módulo Receptor..... | 43 |
| 3.8. | Diseño de las Carcasas | 47 |
| 3.9. | Diseño de la Interfaz UX/UI..... | 54 |
| 3.10. | Imagen Gráfica | 58 |
| 4. | Resultados Finales..... | 61 |
| 3. | Presupuestos..... | 65 |
| 1. | Primer Prototipo | 65 |
| 2. | Presupuesto Industrial..... | 66 |
| 2.1. | Coste de Fabricación..... | 66 |

| | | |
|-----------|----------------------------------|----|
| 2.2. | Cargas Sociales..... | 68 |
| 2.3. | Gastos Generales | 68 |
| 4. | Conclusión y Líneas Futuras..... | 73 |
| 5. | Bibliografía | 77 |
| 6. | ANEXOS | |
| 1. | Planos técnicos | |

1. *Introducción y Objetivos*

1. Objetivos

El objetivo del proyecto expuesto a continuación consiste en obtener una solución capaz de mejorar la calidad en el transporte equino mediante la monitorización de diferentes variables que afecten a la salud de los animales.

Para lograrlo, se propone diseñar un producto capaz de medir una serie de parámetros en tiempo real y comunicarlos al conductor del vehículo de una forma intuitiva, clara y sin interferir en la conducción.

Por tanto, se deberán resolver diferentes aspectos, como el concepto base del dispositivo, la elección de los componentes electrónicos, el diseño de una interfaz poco intrusiva o el diseño de diferentes componentes necesarios, como las carcasas. El conjunto de aspectos más técnicos del proyecto, como el diseño del software o los circuitos electrónicos no serán incluidos en el documento, a pesar de estar presentes en la posible solución.

2. Justificación

Se propone el siguiente proyecto como consecuencia de una mala experiencia durante el transporte de caballos por carretera, ocasionando lesiones de gravedad en los animales que pudieron haber sido prevenidas de haber contado con un sistema de monitorización avanzado. De esta forma, se busca obtener una solución apta para el transporte y válida para prevenir accidentes de determinado tipo a los usuarios en el futuro, junto con una posible comercialización del mismo.

3. Alcance

Se plantea como fin último del proyecto la construcción de un prototipo 100% funcional, que cumpla todos los objetivos planteados y sirva como primera aproximación a un producto listo para poder ser comercializado. Por ello se valorará el uso de diferentes tecnologías para lograr cumplir los diferentes requisitos con el menor uso de recursos posibles.

2. Memoria

1. Introducción y Estudio Previo

Para comenzar a desarrollar un producto dentro del ámbito del transporte equino, deberemos conocer de primera mano algunos conceptos, como el bienestar animal en caballos, su transporte o las diferencias con el resto de ganado.

1.1. El transporte equino

Hoy en día, los caballos se transportan más que cualquier otro tipo de ganado, como afirman diferentes estudios [7]. Antiguamente el transporte se realizaba principalmente por motivos bélicos, sin embargo, esta tendencia ha ido cambiando con el paso del tiempo. La cría, la competición, las actividades en el campo, la venta, etc. hacen que estos animales cambien de destino más veces que otros mamíferos, ya que, por lo general, estos últimos realizan uno o dos viajes en su vida, siendo generalmente el destino final el matadero.

Este incremento en el número de transportes nos lleva a pensar en cómo se realiza en la actualidad y como ha ido evolucionando a lo largo del tiempo. Desde hace 3500 años los caballos han sido transportados en barcos. Posteriormente, fue muy común su transporte mediante tren durante el siglo XIX, sin embargo, después de la Segunda Guerra Mundial, junto con el desarrollo de carreteras, comenzó el transporte mediante camiones y tráileres. Además, en las últimas décadas se hizo posible el transporte por aire.

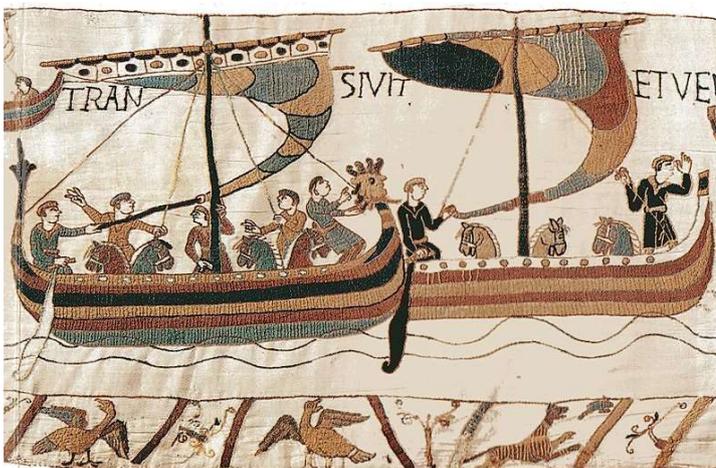


Ilustración 1. Tapiz de Bayeux, Anónimo.

Según un estudio realizado por Deloitte por encargo de la Real Federación Hípica Española sobre el impacto económico de la actividad hípica en España, se encuentran en España 723.496 caballos censados a fecha de abril de 2013. [5]

Respecto al transporte profesional, se mueven al mes aproximadamente 240 caballos. Son considerados viajes de ida aquellos cuyo origen es algún punto de la península, y de regreso aquellos que tienen como destino la propia península o algún punto de Europa, siendo en su mayor parte Alemania, Bélgica, Francia e Inglaterra. El impacto económico generado por esta actividad es de aproximadamente 240.000€ cada mes, mientras que, a nivel de empleo, las cifras que se manejan rondan los 48 puestos de trabajo, con un impacto salarial de 100.800€.

El transporte privado es más frecuente que el profesional, muy recurrente a la hora de realizar transportes de cortas y medias distancias. Según el estudio, el impacto total de este tipo de transporte teniendo en cuenta todos los gastos (coste del vehículo, mantenimiento, seguros, etc.) asciende a 1.046.499,42€ mensuales, 12.557.993,04€ anuales. Sumando ambos tipos de transporte las cifras ascienden a cerca de 16 millones de euros anuales. La distancia media de los transportes en el caso de competición se establece en 120km.

El hecho de que se realicen una gran cantidad de transportes durante el año, unido a la cantidad considerable de kilómetros realizados, hacen que se planteen las condiciones en las que son transportados los animales durante los desplazamientos.

1.2. La salud en los equinos durante su transporte

Hay diferentes parámetros que afectan a la salud de los caballos que se encuentran presentes en la mayoría de los medios de transporte. Estos parámetros afectan además al rendimiento cuando estamos hablando de caballos de deporte, donde cualquier mínimo cambio en sus constantes es tenido en cuenta. Entre estas variables se encuentran las siguientes:

1.2.1. Vibraciones

Durante el transporte se generan diferentes tipos de vibraciones, producidas por diferentes motivos. Los principales son las causadas por el movimiento del vehículo a través de la carretera por la que circula, en el caso del transporte sobre ruedas. Estas

vibraciones pueden ser originadas por diferentes elementos, desde el mal estado de la carretera, hasta la suspensión del vehículo. El resultado es la transmisión de las oscilaciones por todo el camión, llegando hasta los animales a través del suelo sobre el que se apoyan.

En primer lugar, una larga exposición a vibraciones constantes de una frecuencia entre 15Hz y 25Hz produce estrés a los caballos, generando consecuentemente deshidratación en primeras instancias, aumento de cortisol, y llegando a causar problemas de rendimiento en caso de no remediar la situación.

En el caso de producirse vibraciones de mayor energía, unidas a movimientos bruscos en el transporte, como pueden ser cambios severos de dirección o desaceleraciones de gran intensidad, existirán problemas mayores relacionados con los miembros de apoyo del animal.

La posición natural del caballo cuando este se encuentra en reposo consiste en la extensión completa de las extremidades. Esto significa que cualquier fuerza de compresión realizada en dirección ascendente podrá producir lesiones de gravedad, pues esta no puede ser absorbida mediante la articulación de ninguna miembro.

1.2.2. Temperatura y Humedad: Estrés Térmico

La alta temperatura, la alta humedad, la falta de movimiento del aire, la ventilación deficiente, la deshidratación y la exposición a la luz solar directa inciden directamente sobre la salud, tanto para los humanos como para los caballos. Todos estos factores se encuentran durante el transporte.

Algunos de los síntomas del estrés térmico son por ejemplo una sudoración excesiva, una frecuencia respiratoria rápida, llegando incluso al jadeo; el cual se puede considerar a partir de 20 respiraciones/min, una frecuencia cardíaca rápida (> 50 latidos/min), pelaje seco y a alta temperatura en algunas zonas, temperaturas rectales inusualmente altas, pudiendo llegar a 38°C. A esto se le suma la ansiedad provocada por el estrés térmico y la posibilidad de interés nulo en agua y comida.

La Comisión Europea recoge una serie de buenas prácticas para el transporte equino, las cuales se tendrán en cuenta a lo largo del proyecto para cumplir las recomendaciones del organismo. En esta guía se tratan temas desde el diseño de vehículos de transporte hasta la actuación en caso de emergencia, pasando por la monitorización de los animales. [2]

Según la guía de buenas prácticas, durante el transporte, las paradas largas debidas al tráfico o aduanas en climas calurosos puede conducir a un calentamiento del interior del vehículo, resultando peligroso. Por eso un sistema de ventilación adecuado y apropiado, capaz de mantener una buena calidad del aire, así como mantener las temperaturas del compartimento dentro de la zona neutral, son una parte esencial. Las zonas neutrales se caracterizan por una temperatura crítica superior e inferior. Los peligros primarios asociados con el entorno del vehículo son estrés por calor, en respuesta a condiciones de clima caluroso y estrés por frío, consecuencia de climas fríos. Se asume que, a la práctica, el calor excesivo es un problema mayor que el frío, y que el estrés por calor particularmente prolongado perjudica el bienestar de los caballos.

Aunque en términos equinos no existen criterios aceptados de rangos de temperatura absolutos debido a su capacidad de ajuste, los cambios repentinos de entornos pueden causar estrés térmico agudo. Otros factores como la humedad o el hecho de tener el pelaje mojado pueden influenciar en el rango de temperatura aceptable. Los sistemas de ventilación pueden ser libres (dependen del movimiento del vehículo para funcionar) o forzados. Los sistemas de ventilación libre son comunes en vehículos usados para transportes cortos, mientras que los sistemas forzados son un requisito para los vehículos de viajes largos.

El rango de temperaturas en las que el animal mantiene un gasto mínimo o nulo de energía se estima que se encuentra entre 5°C y 25°C. Este hecho implica que a temperaturas inferiores de 5°C y superiores de 25°C la termorregulación supone un consumo adicional de energía (p.ej. Para sudar, jadear o temblar), pero mientras las temperaturas se mantengan dentro de los límites de la capacidad termorreguladora del animal, éste puede mantener su temperatura corporal. Otros estudios han demostrado que existen diferencias entre razas y que las pérdidas de calor se ven afectadas, por ejemplo, por el grosor del pelaje del caballo o la condición corporal. Aún más, el confort térmico depende de temperatura y humedad, y sus efectos están influenciados por el movimiento de aire y por la sequedad del pelaje de los animales. Una humedad elevada exagera el efecto de temperaturas extremas.

Según los estudios, se usa como medida de estrés térmico en animales el Índice Temperatura-Humedad (ITH), el cual estima el riesgo de exposición de los animales a determinadas temperaturas y humedades relativas. El índice fue desarrollado en 1959 por Earl C. Thom un investigador de la Oficina de Climatología del *US Weather Bureau*. [13]

La fórmula para calcular el índice de temperatura-humedad (ITH) es:

$$ITH = 0.8^{\circ}T + ((HR/100) * (T - 14.3)) + 46.4$$

Donde:

- T = temperatura del aire (°C)
- HR= Humedad Relativa (%)

El resultado de la ecuación está pensado para obtener un valor entre 70 y 90 puntos. En la siguiente tabla podemos ver como se clasifica el estrés térmico equivalente en función de las variables de entrada:

| Temp | | Relative Humidity (%) | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|------|-----------------------|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--------|
| F | C | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 95 | 100 | |
| 77 | 25.0 | | | | | | 72 | 72 | 73 | 73 | 74 | 74 | 75 | 75 | 76 | 76 | 77 | MILD |
| 78 | 25.6 | NO STRESS | | | | 72 | 73 | 73 | 74 | 74 | 75 | 75 | 76 | 76 | 77 | 77 | 77 | STRESS |
| 79 | 26.1 | | | | 72 | 76 | 73 | 74 | 74 | 75 | 76 | 76 | 77 | 77 | 78 | 78 | 79 | |
| 80 | 26.7 | | 72 | 72 | 73 | 74 | 74 | 74 | 75 | 76 | 76 | 77 | 78 | 78 | 79 | 79 | 80 | |
| 81 | 27.2 | 72 | 72 | 73 | 73 | 74 | 75 | 75 | 76 | 77 | 77 | 78 | 78 | 79 | 80 | 80 | 81 | |
| 82 | 27.8 | 72 | 73 | 73 | 74 | 75 | 75 | 76 | 77 | 77 | 78 | 79 | 79 | 80 | 81 | 81 | 82 | |
| 83 | 28.3 | 73 | 73 | 74 | 74 | 75 | 76 | 77 | 78 | 78 | 79 | 80 | 80 | 81 | 82 | 82 | 83 | SEVERE |
| 84 | 28.9 | 73 | 74 | 75 | 75 | 76 | 77 | 78 | 78 | 79 | 80 | 80 | 81 | 82 | 83 | 83 | 84 | STRESS |
| 85 | 29.4 | 74 | 75 | 75 | 76 | 77 | 78 | 79 | 79 | 80 | 81 | 81 | 82 | 83 | 84 | 84 | 85 | |
| 86 | 30.0 | 74 | 75 | 76 | 77 | 78 | 78 | 79 | 80 | 81 | 81 | 82 | 83 | 84 | 84 | 85 | 86 | |
| 87 | 30.6 | 75 | 76 | 77 | 77 | 78 | 79 | 80 | 81 | 81 | 82 | 83 | 86 | 85 | 85 | 86 | 87 | |
| 88 | 31.1 | 75 | 76 | 77 | 78 | 79 | 80 | 81 | 81 | 82 | 83 | 84 | 85 | 86 | 86 | 87 | 88 | |
| 89 | 31.7 | 76 | 77 | 78 | 79 | 80 | 81 | 82 | 83 | 84 | 85 | 86 | 86 | 87 | 88 | 89 | 89 | |
| 90 | 32.2 | 77 | 78 | 79 | 79 | 80 | 81 | 82 | 83 | 84 | 85 | 86 | 86 | 87 | 88 | 89 | 90 | |
| 91 | 32.8 | 77 | 78 | 79 | 80 | 81 | 82 | 83 | 84 | 85 | 86 | 86 | 87 | 88 | 89 | 90 | 91 | |
| 92 | 33.3 | 78 | 79 | 80 | 81 | 82 | 83 | 84 | 85 | 85 | 86 | 87 | 88 | 89 | 90 | 91 | 92 | |
| 93 | 33.9 | 79 | 80 | 80 | 81 | 82 | 83 | 84 | 85 | 86 | 87 | 88 | 89 | 90 | 91 | 92 | 93 | VERY |
| 94 | 34.4 | 79 | 80 | 81 | 82 | 83 | 84 | 85 | 86 | 87 | 88 | 89 | 90 | 91 | 92 | 93 | 94 | SEVERE |
| 95 | 35.0 | 80 | 81 | 82 | 83 | 84 | 85 | 86 | 87 | 88 | 89 | 90 | 91 | 92 | 93 | 94 | 95 | STRESS |
| 96 | 35.6 | 80 | 81 | 82 | 83 | 85 | 86 | 87 | 88 | 89 | 90 | 91 | 92 | 93 | 94 | 95 | 96 | |
| 97 | 36.1 | 81 | 82 | 83 | 84 | 85 | 86 | 87 | 88 | 89 | 91 | 92 | 93 | 94 | 95 | 96 | 97 | |
| 98 | 36.7 | 82 | 83 | 84 | 85 | 86 | 87 | 88 | 89 | 90 | 91 | 93 | 94 | 95 | 96 | 97 | 98 | |
| 99 | 37.2 | 82 | 83 | 84 | 85 | 87 | 88 | 89 | 90 | 91 | 92 | 93 | 94 | 96 | 97 | 98 | 99 | |
| 100 | 37.8 | 83 | 84 | 85 | 86 | 87 | 88 | 90 | 91 | 92 | 93 | 94 | 95 | 97 | 98 | 99 | 100 | |
| 101 | 38.3 | 83 | 86 | 86 | 87 | 88 | 89 | 90 | 92 | 93 | 96 | 95 | 96 | 97 | 99 | 100 | 101 | |
| 102 | 38.9 | 86 | 85 | 86 | 87 | 89 | 90 | 91 | 92 | 96 | 95 | 96 | 97 | 96 | 99 | 101 | 102 | |
| 103 | 39.4 | 86 | 86 | 87 | 88 | 89 | 91 | 92 | 94 | 95 | 96 | 97 | 98 | 100 | 101 | 102 | 103 | |
| 104 | 40.0 | 85 | 86 | 88 | 88 | 90 | 91 | 93 | 94 | 95 | 96 | 97 | 99 | 100 | 101 | 103 | 104 | |
| 105 | 40.6 | 86 | 87 | 88 | 89 | 91 | 92 | 93 | 96 | 96 | 97 | 98 | 99 | 100 | 101 | 104 | 105 | DEAD |
| 106 | 41.1 | 86 | 88 | 89 | 90 | 91 | 93 | 94 | 95 | 97 | 98 | 99 | 101 | 102 | 103 | 105 | 106 | CATTLE |
| 107 | 41.7 | 87 | 88 | 89 | 91 | 92 | 94 | 95 | 96 | 98 | 99 | 101 | 102 | 103 | 105 | 106 | 107 | |
| 108 | 42.2 | 87 | 89 | 90 | 92 | 93 | 94 | 96 | 97 | 98 | 100 | 101 | 102 | 104 | 105 | 106 | 108 | |
| 109 | 42.8 | 88 | 89 | 91 | 92 | 94 | 95 | 96 | 98 | 99 | 101 | 102 | 103 | 105 | 106 | 107 | 109 | |
| 110 | 43.3 | 88 | 90 | 91 | 92 | 94 | 96 | 97 | 98 | 100 | 101 | 102 | 104 | 105 | 106 | 108 | 110 | |
| 111 | 43.9 | 89 | 91 | 93 | 94 | 95 | 96 | 98 | 99 | 101 | 102 | 103 | 105 | 106 | 107 | 109 | 111 | |

Tabla 1. ITH adaptado a equinos.

Como podemos observar, hay 5 zonas ordenadas por colores:

- Sin riesgo: Por debajo de 70. Condiciones ambientales adecuadas
- Estrés Térmico Leve: Entre 70 y 80. Desgaste de energía producido por el estrés muy pequeño, no es necesaria ninguna actuación, ya que pueden aguantar esta situación durante un tiempo considerable.
- Estrés Térmico Moderado: Entre 80 y 90. Una exposición continua en estas condiciones puede tener consecuencias sobre el animal, como deshidratación, ansiedad, ventilación forzada, etc. La situación debe ser vigilada.
- Estrés Térmico Elevado: Entre 90 y 100. El ambiente no es adecuado para el animal. Podemos encontrar síntomas como aumento de la frecuencia cardiaca, hiperventilación, deshidratación moderada, etc. Es necesario actuar para evitar posibles daños y limitar la exposición ambiental al mínimo.
- Estrés Térmico Extremo: Por encima de 100. Situación insostenible para los animales. Una mínima exposición en este ambiente conlleva graves daños, en los que se incluye fiebre, espasmos, deshidratación severa e incluso la muerte. Se debe actuar de inmediato y esperar hasta que el ambiente cambie.

1.2.3. Partículas en suspensión

Para conseguir el bienestar equino hay muchos factores a considerar, entre los que se encuentran los ya vistos. Otro de ellos es el ambiente en el que los caballos están estabulados. A parte de la humedad relativa y la temperatura ya vistas, hay que considerar las concentraciones de agentes contaminantes presentes en el aire. En el aire de una cuadra se pueden encontrar polvo, diferentes gases nocivos o microorganismos, los cuales pueden contribuir al desarrollo de enfermedades respiratorias en los equinos.

Los caballos aspiran aproximadamente 30 millones de litros de aire anualmente, por tanto, cualquier agente presente les puede afectar considerablemente. Cuando el ambiente en el que se encuentran ya sea en un establo o durante el transporte, está mal

ventilado, se observa que esta considerablemente contaminado por partículas orgánicas e inorgánicas. Los contaminantes aéreos consisten concretamente en concentraciones de polvo, Amoniac (NH₃), Dióxido de Carbono (CO₂), Sulfito de Hidrogeno (H₂S) y otros microorganismos, como bacterias u hongos. La concentración de estas partículas estará determinada en función del volumen de aire del ambiente, su ventilación y la generación de los agentes. A continuación, se analizará cada agente por separado.

1.2.3.1. Dióxido de Carbono

La producción de CO₂ esta generalmente relacionada con la respiración del caballo. La variación de este valor está influenciada principalmente por la ventilación del box, indicando que cuando su medida refleja una alta concentración es causado por un mal flujo de aire. Si la concentración se encuentra entre 500 y 3000 ppm (Partes por Millón), no existe riesgo alguno para los animales ni para los humanos. Según la legislación sueca, el nivel máximo permitido de CO₂ equivale a 3000ppm. Durante el transporte, es importante siempre producir corrientes de aire (ya sea de forma natural o mecánica), ya que el espacio en el que se encuentran los caballos es mucho menor en relación con el que están acostumbrados, por tanto, la producción de CO₂ es mucho mayor.

1.2.3.2. Amoniac y Sulfito de Hidrogeno

El gas más común al que los caballos están expuestos en los establos es el amoniac, el cual es producido por la orina y el estiércol. El NH₃ afecta a la mucosa respiratoria del animal, disminuyendo la respuesta inmunológica de este. En caso de que un caballo este expuesto de sobremanera a este gas de forma permanente existe riesgo de que desarrolle neumonía. La concentración de NH₃ suele aumentar en casos de alta humedad y temperatura, además de una mala ventilación. La higiene y calidad en la cama del box, así como cual sea el material del que está hecha (paja, viruta, etc.) afecta también a la concentración.

El sulfito de hidrogeno es producido por las heces, aunque esta menos presente que el amoniac. Sus efectos sobre el animal son parecidos al visto anteriormente. Los valores legales máximos son 10 ppm y 0.5 ppm respectivamente

Durante el transporte los animales se ven obligados a hacer sus necesidades, por tanto, se puede encontrar presencia de orina y estiércol acumulados durante horas, generando principalmente amoniac. Cuanto más tiempo permanezca en el suelo, mayor cantidad de gases nocivos se generarán. Es por ello por lo que en la construcción de los camiones se tiene en cuenta la evacuación de líquidos en la parte inferior.

1.2.3.3. Polvo

El polvo orgánico contiene bacterias, endotoxinas, virus, hongos y diferentes alérgenos. Las partículas de menor tamaño, invisibles a simple vista, que entran al tracto respiratorio durante la inhalación son llamadas partículas inhalables. El tamaño se estima entre 0,5 y 5 μm .

En un establo el polvo proviene de diferentes fuentes, incluyendo la propia piel y el pelo del caballo, aunque principalmente varía en función del material utilizado para la cama, y el forraje utilizado. Concretamente el heno es considerado como la opción que más polvo genera en el interior del box. Los niveles de polvo en el exterior junto con otros factores como el viento determinan también la concentración.

La inhalación de partículas de polvo con componentes orgánicos puede inducir a alergias, inicio de infecciones, toxicidad, y sobrecarga de los mecanismos de defensa pulmonares, todos ellos produciendo una reducción de rendimiento.

La exposición de un caballo al polvo a lo largo de su vida debe ser el menor posible debido a los efectos negativos que produce. Según la legislación sueca el valor máximo permitido es de 10 mg/m^3 , sin embargo, no indica periodos de exposición u otros valores de referencia.

En humanos se utilizan los valores PM 2.5 y PM10, los cuales hacen referencia a las micropartículas en suspensión en el aire de tamaños inferiores a 2.5 μm y a 10 μm respectivamente. Son un parámetro utilizado para monitorizar la calidad del aire y la contaminación en núcleos urbanos e industriales principalmente. Según la Directiva 2008/50/CE del Consejo de 21 de mayo de 2008 relativa a los valores límite de dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno, óxidos de nitrógeno y partículas y plomo en el aire ambiente, la Unión Europea recomienda un valor límite diario para la protección de la salud humana de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM10 durante 24 horas. A pesar de que en equinos se desconocen estos valores máximos permitidos, se tomarán las referencias humanas a la hora de determinar valores máximos saludables.

Si recogemos todos los valores máximos vistos con anterioridad obtenemos la siguiente tabla, la cual se tendrá en cuenta a la hora de establecer los límites saludables durante la monitorización:

| Sustancia | Valores Máximos Permitidos |
|---------------------------------------|-----------------------------------|
| Dióxido de Carbono (CO ₂) | 3000 ppm |
| Amoniaco (NH ₃) | 10 ppm |
| Sulfito de Hidrogeno | 0.5p pm |
| Partículas de Polvo | 10 mg/m ³ |
| PM10 | 50 µg/m ³ /24 horas |

Tabla 2. Valores máximos permitidos para equinos.

Se han visto recientemente las consecuencias respecto diferentes parámetros relacionados con los caballos. Estas consecuencias provocan un gran peligro en los animales, ya que además de los problemas directos que generan, están directamente relacionados con un mayor riesgo de tener problemas intestinales, donde se incluyen retorcimientos del intestino o cólicos, los cuales suelen tener un trágico desenlace debido a la difícil solución que presentan. Su complicado sistema digestivo, muy sensible a los cambios, junto con su gran longitud, hace muy complicado cualquier tipo de intervención, ya sea mediante tratamiento indirecto o cirugía. Es por ello por lo que es necesario mantener siempre que sea posible unas buenas condiciones ambientales durante largos periodos de tiempo, tanto para mejorar su bienestar como prevenir enfermedades futuras o pérdidas de rendimiento.

1.3. El transporte por carretera

Vistas cuales son las causas principales de la pérdida de rendimiento durante el transporte se busca conocer diferentes aspectos dentro de este que puedan afectar a las malas prácticas mencionadas anteriormente. Este análisis se centrará en el transporte por carretera, ya que es el más extendido en la actualidad en todo tipo de ganado y en concreto en el transporte equino, como se vio anteriormente.



Ilustración 2. Camión de caballos.

Por lo general el transporte en carretera se realiza mediante camiones o tráileres especialmente diseñados para los caballos. Estos parten de un chasis original de cualquier fabricante y se carrozan de una forma especial para cumplir con todas las necesidades y contar con diferentes sistemas para hacer el viaje lo más seguro posible, tanto para los pasajeros como para los caballos.

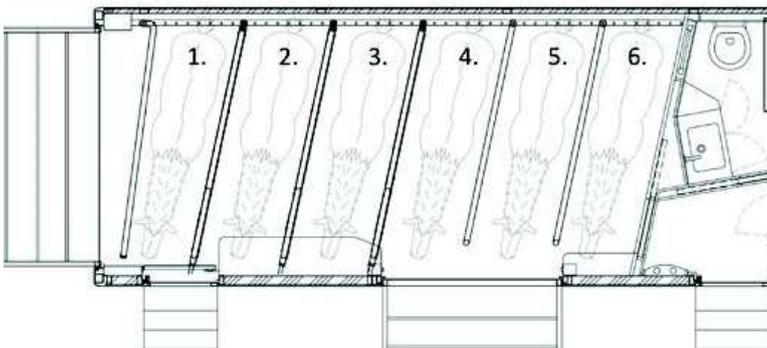


Ilustración 3. Disposición en planta de un camión de caballos.

Como se ve en la ilustración superior, los caballos viajan en horizontal, de forma perpendicular al avance del camión, separados mediante particiones, las cuales están hechas generalmente de aluminio, con la parte superior acolchada con un faldón de goma en la parte inferior para prevenir las patadas entre unos y otros. Las particiones están diseñadas de manera que protegen y aíslan (físicamente pero no socialmente) cada animal. Son sólidas, empiezan en el suelo, cubren la anchura total del vehículo y

son todo lo altas posible sin limitar la ventilación. Así cuentan con suficiente espacio para viajar de una forma más cómoda y evitar problemas durante el trayecto.



Ilustración 4. Particiones para el transporte equino.

Los caballos deben disponer de suficiente espacio para prevenir problemas de equilibrio, heridas y daños al vehículo. Algunos necesitan más que otros debido a su tamaño, raza o postura. Una directriz es proporcionar entre 10 y 20 cm de espacio total entre animal y partición. Se adjunta una tabla que recoge la recomendación de espacio según el tipo de caballo:

| Tipo de caballo | Disponibilidad mínima de espacio | Anchura y longitud mínimas |
|--|----------------------------------|----------------------------|
| Caballos adultos | 1,75m ² | (0,7x2,5m) |
| Caballos jóvenes (6-24 meses) viaje de hasta 48 horas | 1,2m ² | (0,6x2m) |
| Caballos jóvenes (6-24 meses) viaje de más de 48 horas | 2,4m ² | (1,2x2m) |
| Ponis (menos de 144cm) | 1m ² | (0,6x1,8m) |
| Potros (0-6 meses) | 1,4m ² | (1x1,4m) |

Tabla 3. Espacio mínimo necesario de separación entre caballos.

En los laterales se encuentran un gran número de ventanas para poder ventilar el habitáculo mientras se encuentra en marcha. Además, en el techo se pueden encontrar sistemas de extracción de aire junto con claraboyas, con la misma función que la mencionada anteriormente. La guía de buenas prácticas indica que durante el viaje es

frecuente que se den cambios en las condiciones climáticas y las temperaturas ambientales, así como en la velocidad del vehículo.

Las paradas largas pueden conducir a un calentamiento del interior del vehículo, como se comentó anteriormente. Es por ello por lo que la guía recomienda una capacidad de ventilación de al menos 60 m³/h/ para viajes largos o cortos. Para viajes de más de 8 horas es un requisito legal que debe ser cumplido.

El suelo debe ser de material gomoso, con el fin de absorber la mayor cantidad posible de vibraciones, perjudiciales como vimos anteriormente y además mejorar la adherencia de los animales para prevenir posibles caídas. Este suele estar perforado, con el fin de evacuar el orín de los caballos y que no se quede estancado.

En algunos camiones es posible ver un sistema de bebederos alimentados por un tanque de agua. De esta forma los caballos pueden mantenerse hidratados durante largos periodos de tiempo sin sufrir ninguna ausencia de líquidos. Sin embargo, no es muy común la presencia de sistemas equivalentes con comida ni forraje.

Para realizar la carga y descarga se cuenta con una rampa principal, ubicada generalmente en la parte posterior del camión. Deberá tener una inclinación moderada, que permita subir a los caballos sin dificultad. El suelo de la rampa deberá ser del mismo material o de uno similar al resto del suelo del camión, preferiblemente de textura rugosa o con salientes, con el fin de evitar resbalones y caídas en caso de humedad. Esta rampa podrá ser accionada manualmente o mediante ayuda hidráulica siempre y cuando se asegure su cierre. Opcionalmente, se podrá encontrar una rampa lateral de menor tamaño para facilitar la descarga, ya sea en uso normal o en emergencias.



Ilustración 5. Rampa de acceso posterior.

Si se compara este transporte con el de otro tipo de ganado, como el porcino o bovino se observa que es mucho más delicado en el trato de los animales. Desde el espacio libre entre ellos hasta la ventilación. Esto es debido a que son un tipo de animal mucho más delicado que el resto, además de mucho más valioso en el caso de animales de competición.

Durante el transporte existen diferentes riesgos que afectan a la salud de los animales. Estos riesgos son variables y sus consecuencias graduales. Cualquier elemento que interfiera en el desarrollo normal de la actividad tendrá un impacto del forma directa o indirecta sobre ellos.

En caso de sufrir un accidente de tráfico, las consecuencias pueden ser mucho peores, ya que las fuerzas a las que se ven expuestos se incrementan y por tanto los posibles golpes son magnificados. Si el camión volcara por cualquier motivo, el daño producido sería probablemente irreparable en los animales, ya que, debido a la construcción del habitáculo, este no está preparado para dar salida a los caballos por otro lugar que no sea la rampa exterior.

Por último, otro de los grandes riesgos es el de incendio. En climas cálidos y secos, durante viajes largos, la temperatura tiende a aumentar, y cualquier fallo, ya sea eléctrico o de fricción en el sistema puede producir chispas que se transmitan por todo el vehículo, alcanzando posibles materiales inflamables. No es un hecho muy frecuente, aunque probable, del que se recogen diferentes casos durante los últimos años. El peligro de este suceso se encuentra en la escasa comunicación entre la cabina y la zona donde viajan los animales. En caso de estar conectados, cualquier atisbo de olor a humo pondría en alerta al conductor, sin embargo, esto no sucede. Como se vio anteriormente, la única información proviene a través de una imagen de no muy alta calidad, por lo que detectar el fuego de una forma anticipada se convierte en una tarea difícil.

2. Dispositivos Existentes en la Actualidad

A continuación, se muestran todos aquellos productos disponibles en el mercado relacionados con algunos de los objetivos buscados por este proyecto.

2.1. Sistemas de monitorización durante el transporte

En la mayoría de los casos, el conductor apenas dispone información del estado del ganado. Únicamente tiene la ayuda de una imagen en tiempo real del compartimento donde viajan los animales, para asegurarse de que no hay problemas graves. Sin embargo, muchas de las variables vistas previamente pasan desapercibidas. Por ello se deben investigar sistemas de monitorización utilizados en animales con el fin de obtener referencias para aplicar a nuestro producto.

Como dice la guía de buenas prácticas para el bienestar animal, el ambiente térmico interno de los vehículos es un principal determinante del bienestar animal. Este ambiente depende, en gran medida de la producción de calor metabólico y la humedad y el intercambio de gases de los animales en el interior. Estos factores dependen del número, tipo y edad de los animales transportados.

Una entrada constante de aire fresco que llegue a todos los animales es esencial para la salud de estos ya que el aire se llevará el exceso de humedad y calor que producen los caballos y aportará oxígeno. Las condiciones climáticas externas determinan las propiedades del aire que entra en el vehículo para ventilar y, por lo tanto, debería tenerse en cuenta.

Por ello, se observa que monitorizar es un elemento crucial en el control del clima. Aunque para viajes largos monitorizar temperatura mediante sistemas de aviso es obligatorio, no se describen requisitos específicos en cuanto al uso de los sistemas de ventilación en la regulación. La clave para evitar el estrés térmico es monitorizar el ambiente térmico interno de los vehículos, y ajustar los sistemas de ventilación según los parámetros que se miden dentro de los compartimentos (p.ej. temperatura real) y circunstancias relevantes como velocidad de conducción o temperatura ambiente. No se trata de la presencia de ventilación y el equipamiento de registro sino del uso adecuado que puede marcar la diferencia y tener un impacto positivo en el bienestar animal.

Es de particular importancia determinar cuándo debe hacerse algo e implementar medidas correctivas si la monitorización lo indica. Además de registrar y monitorizar temperaturas, la insuficiencia térmica del camión puede valorarse mirando el sudor excesivo de los animales o la respiración dificultosa, pero esto solo puede hacerse durante las paradas, mientras que la temperatura puede cambiar drásticamente durante la conducción.

Aún más, ya que tanto sudar como la respiración forzada indican estrés térmico, estos parámetros son particularmente útiles de comprobar si el sistema de ventilación se usa, pero no para evitar el estrés por calor.

Actualmente los sistemas de control de temperatura son muy rudimentarios y de carácter industrial. Los sensores se conectan de forma física mediante cables que van desde el compartimento de carga hasta la cabina y están pensados más para almacenar la temperatura de cada momento que para controlar el ambiente del interior y el bienestar animal.



Ilustración 6. Dispositivo de monitorización de temperatura.

Como se ve en la imagen superior, se trata de un dispositivo de gran tamaño con impresora incorporada y una pequeña pantalla que muestra los valores en tiempo real. Cuenta con unos leds para indicar diferentes sucesos que se pueden producir durante el viaje.

A simple vista, es posible implementar un gran número de mejoras, desde el tamaño de la pantalla y su interfaz, para conseguir una menor distracción del conductor, hasta el almacenamiento de los datos en formato digital, o una reducción considerable del

tamaño. Por tanto, se tendrá en cuenta durante el desarrollo del proyecto las características del producto visto superiormente con el fin de ser mejorado.

2.2. Sistemas de monitorización en caballos

Con el paso de los años se han ido desarrollando diferentes tecnologías de base electrónica, lo que ha permitido extender su uso y aplicación a diferentes sectores y campos. Además, por este motivo se ha conseguido abaratar sus costes y reducir la complejidad en el desarrollo de sistemas electrónicos. Concretamente, en los últimos años se han desarrollado diferentes productos de monitorización para animales. Por lo general, estos tienen el fin de mantener bajo control diferentes variables. Algunos de los más destacados son:

- NIGHTWATCH

Nightwatch es una cabezada de cuero natural que monitorea datos en tiempo real sobre la biometría (frecuencia cardíaca y respiración) y el comportamiento (nivel de actividad) de los caballos. Tiene la capacidad de avisar por mensaje de texto, teléfono y correo electrónico, ya que funciona mediante conexión 3G y Wifi. Ofrece geolocalización mediante GPS y aprovecha la inteligencia artificial o aprendizaje automático para adaptarse al usuario con el tiempo para obtener la máxima precisión. Su objetivo principal es el de vigilar las constantes vitales durante todo el día y a partir de estas calcular de forma aproximada el estado del caballo, notificando en caso de detectar algún problema en su salud directamente al teléfono móvil mediante una aplicación. Tiene un precio de partida de 997\$.



Ilustración 7. Cabezada NightWatch.

- **PIAVET**

El sistema *Piavet* es un dispositivo que complementa a otros procedimientos veterinarios al proporcionar datos de constantes vitales en tiempo real durante cualquier actividad. Con este sistema es posible controlar al animal en diferentes circunstancias: durante posibles cólicos, arritmias o cuando se encuentra en estado de sedación, siempre de una forma inalámbrica. EL dispositivo almacena y muestra los datos obtenidos a través de una aplicación. Además, va adherido a una banda que se sitúa en la parte frontal del caballo, alrededor del torso, lo que hace fácil su colocación. A diferencia de NightWatch, su objetivo es darle un uso profesional, concretamente para veterinarios. De ahí su elevado precio, el cual parte de 3320€.



Ilustración 8. Dispositivo Piavet.

- **EQUISENSE**

El sensor de movimiento *Equisense* recoge las sesiones de entrenamiento de los caballos de deporte. Transfiere los datos de entrenamiento en tiempo real a una aplicación que los muestra una vez finalizada la actividad. Ofrece un análisis de entrenamiento completo mediante indicadores simples y fáciles de entender, además de diferentes datos, como distancia recorrida, velocidad, cadencia de galope, simetría durante el trabajo, etc. Este producto está enfocado a la mejora del rendimiento durante el ejercicio, a diferencia de los anteriores vistos, donde prima la salud. Tiene un coste de 199€ de partida junto con los complementos necesarios a parte del sensor, requeridos para su correcto funcionamiento.



Ilustración 9. Cincha inteligente Equisense.

- TRACKENER

Trackener es un dispositivo de monitoreo en tiempo real pensado para controlar la actividad del animal cuando este suelto por una parcela. Permite controlar su posición por GPS principalmente, avisando cuando se encuentra fuera del recinto permitido, medir sus constantes vitales y las variables ambientales de su entorno. Estos datos son enviados al teléfono móvil y pueden ser consultados en tiempo real mediante una app. Dirigido principalmente al seguimiento y vigilancia de caballos en libertad. Tiene un precio de partida de 399€.



Ilustración 10. Dispositivo Trackener.

Si podemos sacar algo en común de los diferentes dispositivos, es que en todos está presente el control de la actividad del caballo. Unos enfocados en su salud, mientras que otros se centran más en el rendimiento. Sin embargo, en ninguno de ellos se muestra ninguna característica en la que se relacione el ambiente en el que se encuentra. Ninguno da información acerca de la temperatura, humedad, niveles de CO₂, etc. Por tanto, en el producto a desarrollar se tendrá en cuenta la medida de estas variables, las cuales complementarían a cualquiera de estos dispositivos y podríamos relacionar como varían las constantes del caballo a medida que cambian aquellas del ambiente que lo rodea.

2.3. Patentes Actuales

Antes de comenzar a desarrollar los aspectos principales del producto se procedió a una búsqueda de las patentes tanto actuales como históricas para conocer el estado de técnica actual en el sector que nos interesa. Se comenzó con una búsqueda general y se fue refinando para recoger el mayor número posible de patentes que pudieran entrar en conflicto con el futuro desarrollo de nuestro proyecto.

Desde el portal *INVENES*, facilitado por la Oficina Española de Patentes y Marcas se comenzó con búsquedas en las que se relacionaba la monitorización con el transporte y el ganado dos a dos. A pesar de buscar por categorías y en diferentes apartados, no se encontró ninguna patente de este tipo en el registro citado anteriormente.

Sin embargo, se recurrió al buscador de patentes de Google, *Google Patents*, para tratar de encontrar algún resultado relacionado en otro idioma, concretamente en inglés.

Se encontraron dos dispositivos relacionados con las características buscadas en el producto a desarrollar, sin embargo, no hablan en ningún momento del transporte, simplemente se limitan a una monitorización relativa a la de los dispositivos vistos anteriormente.

La primera es la solicitud de patente número *WO2017024362A1*. En ella se describe un sistema de monitorización de la frecuencia cardíaca para animales, incluidos los caballos. El sistema comprende un sensor configurado para montarse sobre una extremidad del animal, con el fin de detectar la frecuencia cardíaca. El sistema comprende además una unidad de alarma, posicionada a una distancia predefinida del caballo, configurada para recibir una información relacionada con la frecuencia cardíaca del sensor y activar una alarma. Como vemos no menciona su uso durante el transporte.

La segunda es el patente número *WO2004084624A1*. En ella se recoge el diseño de un aparato para determinar la salud o el estado físico, bajo una carga de ejercicio, de un

animal como un caballo. Se trata de un dispositivo con electrodos, colocados en una manta debajo de la silla de montar, que genera datos fisiológicos, como por ejemplo datos sobre la respiración, frecuencia cardíaca, presión sanguínea, temperatura, etc. Incluye además un segundo sensor también incorporado capaz de generar datos de posición.

Ninguna de las patentes encontradas contiene figuras representativas de los diseños. Además, en ambos casos el abono anual correspondiente al pago las tasas no se han realizado desde hace algunos años, por tanto, su estado actual es de invalidez. En ningún caso se menciona nada relacionado con el transporte equino, ni la medida de los valores ambientales que se producen durante esta actividad, por lo que, se puede considerar que no hay ninguna patente existente a nivel mundial que recoja las características del producto a desarrollar.

3. Desarrollo y Definición del Producto

3.1. Introducción

Una vez realizado un estudio inicial acerca de los diferentes aspectos que afectarán al desarrollo del producto, se procede a definir las especificaciones que deberá cumplir para satisfacer todas las necesidades, tanto de mercado, como legales y, a partir de ahí, buscar posibles soluciones para conseguir cumplirlas, recordando que el objetivo principal del producto es crear un dispositivo capaz de monitorizar diferentes valores ambientales y/o biométricos durante el transporte equino con el fin de mejorar su bienestar.

3.2. Necesidades de Mercado y Situación Actual

De cara al desarrollo del dispositivo, se parte de la ventaja de que el sector al que se enfoca el producto está en auge, pues durante los últimos años la hípica ha experimentado un crecimiento considerable a nivel mundial. A pesar de haber sido siempre un deporte muy cerrado e incluso elitista en el pasado (comparable por ejemplo al automovilismo), se está produciendo un aumento de aficionados de toda clase al deporte producido por diferentes factores, entre ellos, el abaratamiento de los costes, tanto del material como de los servicios. El nivel de participantes también aumenta, pero en menor forma en comparación a otras figuras, como pueden ser los propietarios.

Otra ventaja a considerar es la poca innovación que ha presentado este deporte durante las últimas décadas, debido principalmente a ser una actividad originada hace mucho tiempo, cuya forma de realizar las cosas sigue basada en los métodos tradicionales.

Sin embargo, recientemente se están comenzando a desarrollar productos innovadores, incluyendo los de base tecnológica vistos anteriormente, descubriendo nuevos horizontes en el rediseño de los equipos utilizados para el desempeño de la actividad. Por ejemplo, se observa el uso de materiales compuestos como la fibra de carbono en los últimos años en diferentes productos como las monturas, unas cuantas décadas después de ser este material adoptado por industrias tan importantes como la aeronáutica y la automotriz.

Concretamente según el estudio encargado por la Federación Española de Hípica en el año 2013 visto al comienzo del documento, se estima que en España se emplean un

total de 419 personas, con un impacto salarial total mensual de 752.400€ en referencia a fabricantes de equipamiento ecuestre. Sumando además los datos de la distribución de equipamiento, se obtiene un impacto total de aproximadamente 144 millones de Euros.

El perfil común de la persona interesada en este mundo ya sea propietario, jinete o criador, suele coincidir con niveles económicos acomodados, lo que les permite mantener todos los costes generados por la actividad, los cuales son considerablemente elevados y, además, invertir en la mejora de rendimiento de los animales. Muchos de los productos enfocados al mundo hípico tienen un precio muy por encima de su valor en sí, en comparación a si se vendieran en un mercado normal. De esta forma, los márgenes económicos para desarrollar un producto de este tipo son muy grandes. Así se obtiene la posibilidad de desarrollar productos de base tecnológica teniendo la ventaja de no tener que ajustarse tanto al precio del coste del producto, sino al precio que pone el mercado.

Según el director de la marca ATM Horsetrucks, fabricante de vehículos para caballos en la península Ibérica, con quien se mantuvo una conversación durante la situación del COVID19, se espera un aumento en las ventas de camiones de pequeño tamaño durante los trimestres 3 y 4 del año, debido al continuo movimiento de animales que se seguirá realizando en igual o mayor manera. La explicación de esto consiste en que a pesar de que los animales puedan cambiar de propietario, estos deberán ser transportados de igual manera, las competiciones se acumularán a final de año y toda la inactividad actual se trasladará a esta época final. Debido a este aumento de demanda, se producirá una mayor competitividad entre empresas, lo que da una situación privilegiada a la hora de desarrollar un producto enfocado al sector

Observando los diferentes productos actuales para la monitorización del ámbito equino, no se encuentra ninguno que trate de obtener datos acerca del ambiente en el que este se encuentra, algunos tan básicos como temperatura y humedad, los cuales ofrecen mucha información a la hora de valorar el bienestar del caballo. Es por ello por lo que el dispositivo a desarrollar deberá ser capaz de medir de forma correcta diferentes parámetros. Observando los estudios presentados anteriormente, podríamos tomar 4 variables principales que valoren la salubridad del ambiente que rodea a los seres vivos.

Las 2 primeras serán temperatura y humedad relativa, mediante las cuales se procederá a calcular el Índice Temperatura-Humedad visto previamente.

Las otras 2 variables a medir serán las micropartículas presentes en el aire, tanto de PM2.5 como PM 10, además de la medida de gases nocivos presentes. Con el sensor encargado de medir las partículas presentes en el aire podríamos monitorizar la

presencia de fuego, ya que el humo, es un conjunto de diferentes micropartículas en suspensión. En el caso de obtener un alto valor, alertaría al conductor de la presencia de un posible incendio.

En todos los dispositivos vistos previamente, la información es recibida por un teléfono móvil o smartphone. Sin embargo, en este caso, esta solución no es adecuada, pues el usuario que recibirá y analizará esos datos es el conductor del vehículo, por tanto, supondría una considerable pérdida de atención al volante, lo que pondría en riesgo el desplazamiento. En este caso, sería recomendable el uso de un dispositivo que permaneciera estático en un lugar de la cabina, con una visión fácil desde el puesto de conducción, donde mostrara de forma intuitiva la información necesaria.

Debido a la longitud y duración de los viajes, la alimentación del dispositivo no podrá realizarse mediante batería. Debido además a su posición fija, permanecerá conectado a la red del vehículo de forma continua como otro elemento más.

3.3. Necesidades Legales

Si recurrimos a la guía de buenas prácticas para el transporte equino, citada a lo largo del documento, podemos consultar aquellos requisitos que se recomiendan o deben cumplir para que el dispositivo sea válido para la función que debe desempeñar.

En la página 30 del escrito, se afirma que *“La Regulación requiere que los vehículos de alto estándar (provisión adicional para viajes largos) tengan equipamiento para monitorizar y registrar la temperatura”* [2]. Por tanto, coincidiendo con las necesidades de mercado el dispositivo deberá ser capaz de medir la temperatura del habitáculo de una forma correcta.

El organismo EFSA (European Food Safety Authority), agencia europea que estudia, regula y divulga información acerca del tratamiento de los animales vivos destinados a ser consumidos, recomienda que además de la temperatura, parámetros como la humedad relativa, vibración y peso total de la carga se monitoricen para valorar el bienestar animal durante el transporte. Sin embargo, gran parte del equipamiento (por ejemplo, el que se usa para medir la carga total) no es lo suficiente preciso para su aplicación rutinaria en el transporte comercial.

Concretamente, se dictan como buenas prácticas en el control del clima:

- *154. El conductor monitoriza la temperatura en el compartimento animal desde la cabina del camión.*

- *156. Si la temperatura en el camión llega a los 35°C, el conductor debe iniciar los procedimientos de emergencia del párrafo 4.6 Emergencias para reducir la temperatura.*

A continuación, se recopilan las necesidades tanto de mercado como legales enunciadas anteriormente:

1. Dispositivo que tiene el fin de monitorizar en tiempo real determinadas variables relativas al bienestar de los caballos durante el transporte
2. Será capaz de medir de una forma correcta y con un error aceptable la temperatura ambiente, la humedad relativa, las micropartículas presentes en el aire, además de cualquier otro tipo de parámetro que influya en el bienestar animal, como la presencia de gases nocivos.
3. La información mostrada referida a las variables medidas debe mostrarse al conductor de una forma clara, concisa y poco intrusiva, con el fin de distraer en la menor manera posible al conductor del vehículo.
4. Será ubicado dentro del espacio de uso destinado a los animales, pues es ahí donde interesa medir las condiciones ambientales, sin embargo, la información será mostrada en la cabina.
5. Será inalámbrico en toda su definición excepto para la alimentación.
6. Será alimentado directamente de la batería o sistema eléctrico del vehículo.

Una vez plasmadas las necesidades, comienza la etapa de desarrollo en sí.

3.4. Diseño Conceptual

En este apartado se deben pensar las soluciones que satisfagan las necesidades presentadas anteriormente de forma conceptual, analizando cada una de ellas y tratando de obtener una o varias soluciones válidas, con posibilidades reales de llevar a cabo al menos alguna de ellas.

En primer lugar, viendo las principales necesidades se observa que el sistema dispondrá como mínimo de 2 dispositivos con funciones diferentes entre sí, pues no será capaz un único equipo de medir las variables en la zona deseada y además mostrar información al transportista.

Por tanto, se toma como punto de partida un sistema de dos módulos diferentes e independientes entre sí, que se compondrán de distintos componentes en función de las necesidades de cada uno.

Debido a que se encuentran separados, deberán estar conectados mediante alguna tecnología inalámbrica, como puede ser bluetooth, wifi o semejantes.

El primer módulo o módulo emisor será el encargado de medir las variables que afecten a los animales comentadas anteriormente, mientras que el segundo módulo o módulo receptor, consistirá en un dispositivo cuya función principal sea mostrar los datos recibidos desde el primer módulo al conductor del vehículo.

Se muestran los siguientes bocetos desarrollados en esta fase conceptual con las anteriores limitaciones:

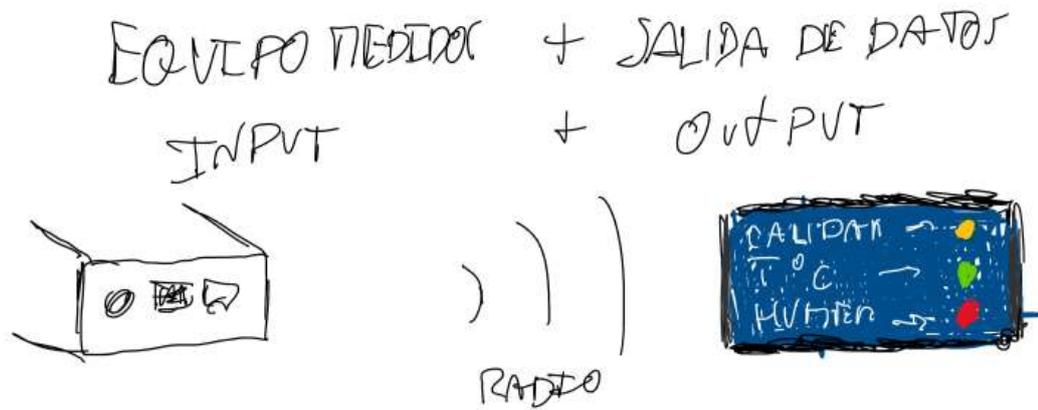


Ilustración 11. Esquema básico de funcionamiento

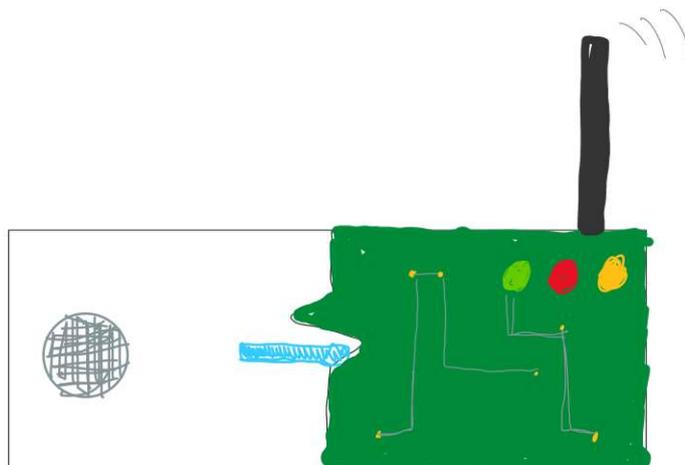


Ilustración 12. Boceto conceptual.

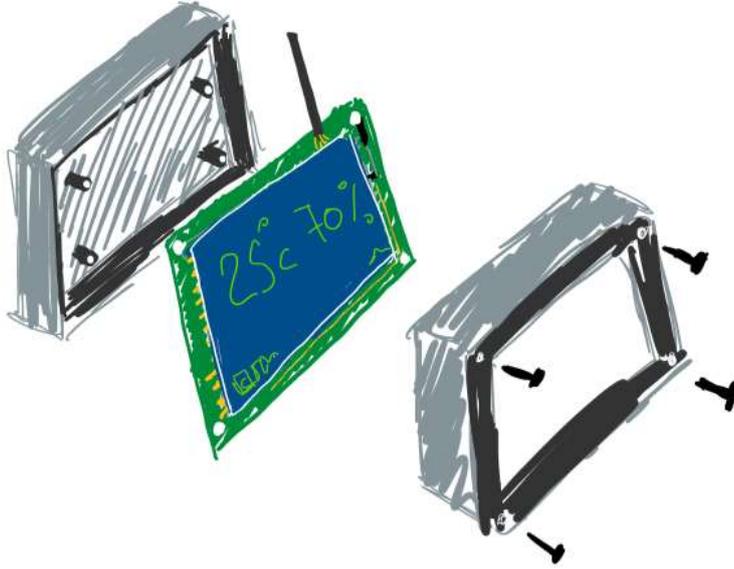


Ilustración 13. Boceto conceptual del módulo receptor.

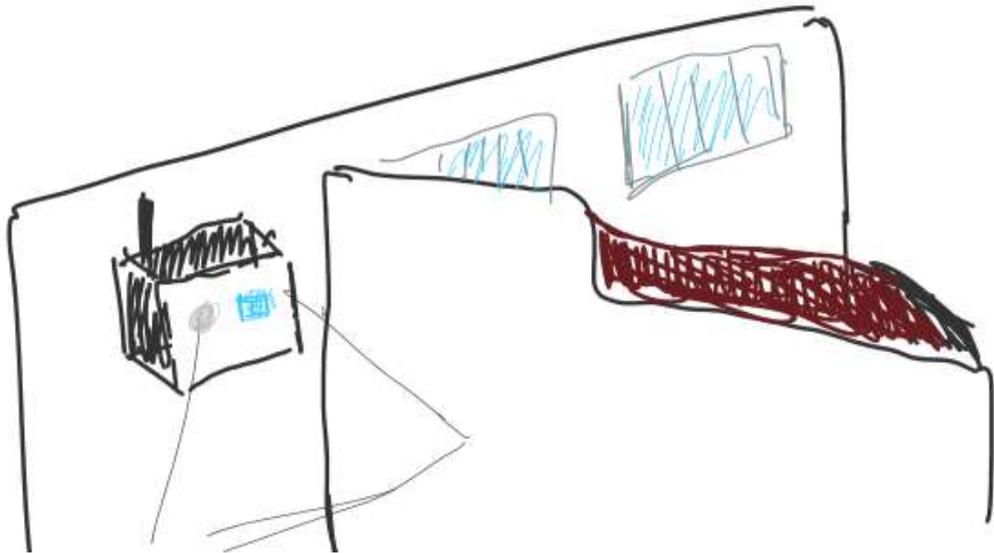


Ilustración 14. Ubicación conceptual del módulo emisor. Elaboración propia.

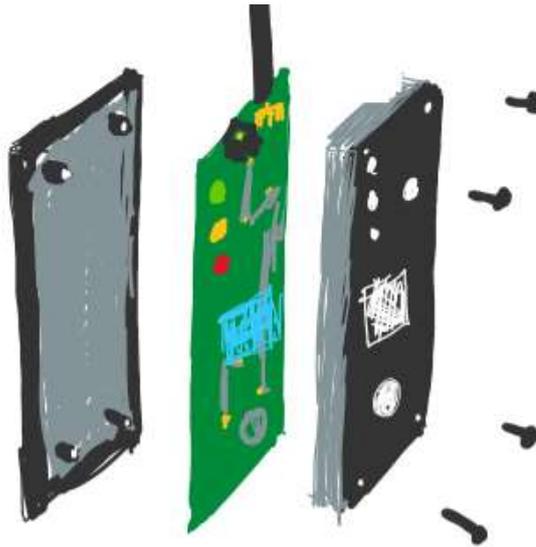


Ilustración 15. Boceto conceptual del módulo emisor.

En estos bocetos se puede observar un primer diseño conceptual de los dos módulos o dispositivos, donde ambos constan de una parte de hardware y una carcasa protectora exterior. La posición del módulo emisor será fija en una pared del habitáculo de los caballos, concretamente por encima de su cabeza y no fijada al techo, como indica la guía de buenas prácticas. Realizando un análisis superficial, de esta forma se satisfacen las necesidades principales, por tanto, se procede a dar como válido el concepto y a continuación se desarrollarán de forma individual cada módulo, entrando en detalle acerca de los componentes utilizados por cada uno, tanto como aquellos comunes.

3.5. Diseño en Detalle General

Una vez definido el concepto sobre el que se trabaja, ahora se deben definir todas las características técnicas que debe cumplir para poder ser funcional y ser validado. Hay que dejar muy claro desde el comienzo que todo el desarrollo técnico se enfocara de cara a realizar un prototipo funcional de la forma más sencilla, económica y rápida posible pero siempre manteniendo unas características principales que estarán presentes en posibles futuras versiones del mismo.

3.5.1. Aspectos Comunes

Al tratarse de un producto de base electrónica hay que definir la tecnología sobre la que se desarrollará el dispositivo, pues esta determinará los componentes, protocolos, funcionamiento y todo aquello que influya de manera directa o indirecta en su uso. Se definirán pues los elementos que tendrán en común ambos módulos. Estos serán la tecnología principal del hardware y la conexión inalámbrica entre módulos comentada anteriormente.

3.5.1.1. Hardware Principal

Haciendo un análisis superficial y observando las necesidades a cumplir, se puede intuir que la complejidad electrónica del proyecto no es de gran nivel, por tanto, el hardware de partida necesario será de carácter simple.

Gracias a los avances en el desarrollo de productos electrónicos de los últimos años podemos encontrar una gran cantidad de placas computadoras o SBC (Single Board Computes). Estas son placas que contienen todos o la mayor parte de los componentes de un ordenador. La principal característica de los SBC u ordenadores con placas SBC, son sus reducidas dimensiones y se pueden utilizar para una gran variedad de propósitos que abarcan desde la experimentación, la enseñanza o la domótica. Los SBC también se utilizan cada vez más para una amplia gama de aplicaciones industriales en áreas que incluyen la robótica y el Internet de las cosas (IoT). Además, por lo general son dispositivos muy económicos. El reducido tamaño, el procesamiento en una sola placa y su reducido coste hacen de este tipo de hardware sea el candidato perfecto con el que desarrollar el dispositivo, ahorrando tiempo y dinero en el desarrollo de una placa específica, más adecuada a un producto final y no a un prototipo.

Durante los siguientes párrafos se estudiará que tipos de SBC se encuentran en el mercado y cuál de estos es el más apropiado sobre el que llevar a cabo el proyecto. Dentro del mercado encontramos una gran cantidad, enfocados cada uno en un tipo concreto de tarea especial. Recordamos que, en el caso de este proyecto, las necesidades son muy básicas, por tanto, todos deberían ser suficientes. Concretamente, deberán ser capaces de recibir la señal digital de diferentes señores, procesar esa señal y transmitirla entre módulos. Se analizará a continuación diferentes SBC válidos para el proyecto de forma conceptual para escoger el óptimo.

3.5.1.2. Raspberry Pi

Fue Desarrollado en Reino Unido por la Raspberry Pi Foundation, fundada en 2009 por Eben Upton, ingeniero de Cambridge. Este dispositivo fue diseñado para facilitar el aprendizaje y realizar tareas básicas, concretamente tratando de enseñar informática en las escuelas con un bajo coste. Tiene un tamaño reducido y la posibilidad de conectarle varios tipos de accesorios, lo que le hace muy versátil de cara a utilizarse para varios tipos de tareas.

Los primeros diseños de la placa en forma de prototipo se empezaron a realizar en 2006. Después de desarrollarla durante 6 años, la primera Raspberry Pi fue comercializada en febrero de 2012, y para el mes de mayo consiguieron vender 20000 dispositivos. Desde entonces, se han lanzado diferentes versiones con variación en potencias y tamaños. A pesar de que el software es de código abierto, el diseño del hardware y su explotación esta registrado a la marca

Sin embargo, observando el hardware que presenta este dispositivo, se comprende que fue creado con el fin de obtener un ordenador completo, capaz de correr un sistema operativo y dotándole de gran capacidad de cálculo. Utiliza un procesador Cortex-A53 (ARMv8) 64-bit y tiene 26 pines GPIO para entradas y salidas. Respecto a la conectividad, cuenta con conexión Wifi y Ethernet integradas, además de dos puertos micro HDMI para la salida de la imagen. Su precio es de 45€.

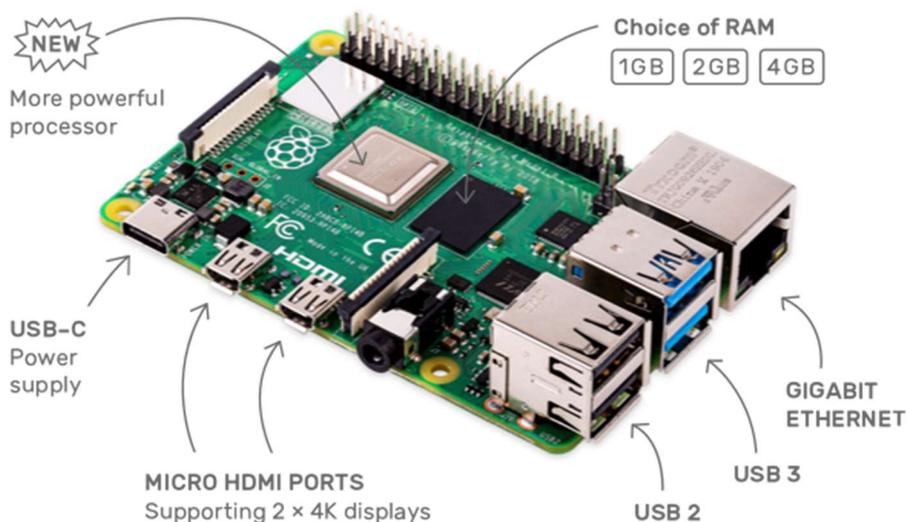


Ilustración 16. Raspberry Pi 4.

3.5.1.3. Arduino

Arduino es una plataforma de código abierto para el desarrollo de proyectos electrónicos. En un principio comenzó como un proyecto de investigación de 5 ingenieros en Italia a principios de la década de 2000. El primer prototipo de Arduino se presentó en 2005 para ayudar a los estudiantes de diseño, sin experiencia previa en electrónica, a crear prototipos funcionales, de tal forma que pudieran conectar el mundo físico con el mundo electrónico. Desde ese momento se ha convertido en la herramienta de desarrollo de prototipos de base electrónica más popular, siendo utilizada tanto por ingenieros como grandes empresas.

Su característica principal es que presenta un hardware y software de código abierto que en origen tenía el fin de crear una comunidad para ayudar a difundir el uso de la plataforma y beneficiarse de las contribuciones de las personas que ayudaron a programar ejemplos, hacer tutoriales o apoyar a otros usuarios.

Las placas de Arduino pueden leer entradas (inputs) digitales y/o analógicas y convertirlo en una salida (output), enviando instrucciones al microcontrolador de la placa, utilizando el lenguaje de programación Arduino y el software Arduino (IDE).



Ilustración 17. Arduino UNO Rev3.

A pesar de que existen diferentes modelos y versiones de Arduino, el básico es el que se observa en la imagen, compuesto por 14 pines de entradas/salidas digitales, 6 analógicas, un microcontrolador ATmega328 y un puerto USB, además de la toma de alimentación. Su precio es de 20€.

A pesar de que ambos dispositivos se tratan de SBC, se observa que su objetivo es muy diferente. Mientras que Raspberry Pi se trata de un pequeño ordenador listo para utilizar con un sistema operativo, Arduino es una placa de desarrollo de proyectos electrónicos, pensada para conectar directamente hardware y programar su control. Las diferencias en cuanto a hardware son abismales, siendo muy superiores las del primer dispositivo mostrado, tanto en cuestiones de capacidad de procesamiento, memoria o conectividad.

Sin embargo, de cara al control de componentes electrónicos, como pueden ser leds o sensores, el Arduino es mucho más sencillo y ágil, pues el control de los inputs y outputs puede ser programado directamente con pocas líneas de código, lo que hace esta plataforma mucho más flexible cuando se trabaja en proyectos de hardware principalmente.

Recordando las bases desde las que se definía el diseño en detalle, las cuales eran sencillez, bajo coste y rapidez, Arduino será la plataforma elegida sobre la que desarrollar el proyecto.

Ahora es necesario definir qué modelo en concreto se utilizará, ya que dentro de Arduino encontramos diferentes dispositivos basados en la misma filosofía, pero con diferentes capacidades, tamaños, etc. Las variables que definen esta capacidad son principalmente el número de pines para entradas y salidas digitales y analógicas, la memoria, la frecuencia del procesador, etc.

En este proyecto se contará con 4 sensores en una primera instancia, pero podrá ser ampliado en el futuro desarrollo, además de una pantalla táctil, un módulo de conexión inalámbrica y leds entre otros componentes. Haciendo unos breves cálculos, los pines necesarios superan el número de los ofrecidos por el Arduino Uno, por lo que se deberá utilizar una placa superior.

El modelo escogido se trata del Arduino Mega, hermano mayor del Uno y cuyas características se pueden observar en la siguiente tabla comparativa:

| | |
|-----------------------------|---|
| Microcontroller | ATmega2560 |
| Operating Voltage | 5V |
| Input Voltage (recommended) | 7-12V |
| Input Voltage (limit) | 6-20V |
| Digital I/O Pins | 54 (of which 15 provide PWM output) |
| Analog Input Pins | 16 |
| DC Current per I/O Pin | 20 mA |
| DC Current for 3.3V Pin | 50 mA |
| Flash Memory | 256 KB of which 8 KB used by bootloader |
| SRAM | 8 KB |
| EEPROM | 4 KB |
| Clock Speed | 16 MHz |
| LED_BUILTIN | 13 |
| Length | 101.52 mm |
| Width | 53.3 mm |
| Weight | 37 g |

Tabla 4. Especificaciones de Arduino Mega 2560 Rev3.

Se observa que aumenta tanto el número de pines de entradas y salidas, tanto digitales como analógicas, 4 veces más de memoria flash y SRAM un microcontrolador más potente. A pesar de que el tamaño aumenta, no es un requisito fundamental en el desarrollo del proyecto. Su precio es de 35€, precio aceptable.

Finalmente, será la placa Arduino Mega Rev3 la elegida como plataforma base para el desarrollo técnico del proyecto y será utilizada en ambos módulos.

3.5.2. Comunicación entre módulos

Una de las necesidades planteadas con anterioridad es la ausencia de cables entre los dos módulos para la transmisión de datos. Esto obliga al uso de una tecnología que permita enviar y recibir información de forma estable, a una pequeña distancia y sin pérdida.

Las redes inalámbricas son conjuntos de nodos que usan ondas de radio con el fin de conectar dispositivos, sin necesidad de usar ningún tipo de cables. A pesar de que existen diferentes tipos, las más utilizadas suelen operar sobre un espectro de onda que no necesita licencia, ya que está reservado para uso industrial, científico y médico. A este espectro concreto se le conoce como banda ISM. Las frecuencias disponibles son

diferentes entre país y país, aunque las más comunes son la de 2,4 GHz y la de 5 GHz, disponibles en la mayor parte del mundo. Esto permite a los usuarios operar con redes inalámbricas en sus dispositivos sin necesidad de obtener una licencia, y además sin coste alguno, facilitando la expansión de este tipo de redes a un gran número de dispositivos hoy en día.

En este tipo de redes destacan los protocolos Wifi y Bluetooth, utilizados mundialmente en la mayoría de los dispositivos electrónicos, aunque existen otros muchos comparables a estos. Además, se encuentran en desarrollando otro tipo de protocolos, como ANT+, similar al Bluetooth, pero de bajo consumo y orientado al uso de sensores biométricos. Sin embargo, no existen en la actualidad componentes comerciales que permitan habilitar este tipo de conexión en Arduino.

Las ventajas de Wifi y Bluetooth es que su uso está muy extendido en todo el mundo, lo que hace que sea fácil de implementar soluciones basadas en estos protocolos. Concretamente, existe un gran número de módulos que dotan de conectividad a las placas de Arduino. A continuación, se analizarán diferentes módulos con sus ventajas y desventajas para decidir qué protocolo se utilizará.

3.5.2.1. Módulo Bluetooth HM-06

El componente HM-06 es un módulo Bluetooth diseñado para establecer una comunicación inalámbrica de datos a corto alcance entre dos microcontroladores o sistemas. Funciona con el protocolo de comunicación Bluetooth 2.0 y puede actuar como emisor o receptor. Este es el método más simple para la transmisión inalámbrica de datos, siendo más flexible que otros protocolos. El dispositivo funciona en el rango de frecuencia de 2.402 GHz a 2.480GHz y su velocidad de transmisión de datos alcanza los 2.1Mb/s. Su distancia máxima efectiva es de 10 metros siempre que se alimente a 3.3V, sin embargo, la calidad de la conexión, y por tanto su velocidad, empeoran cuando este parámetro disminuye. Tiene un precio aproximado de 3\$ según diferentes portales de venta online. Los precios de los componentes mostrados a continuación se obtendrán de webs de venta minorista.

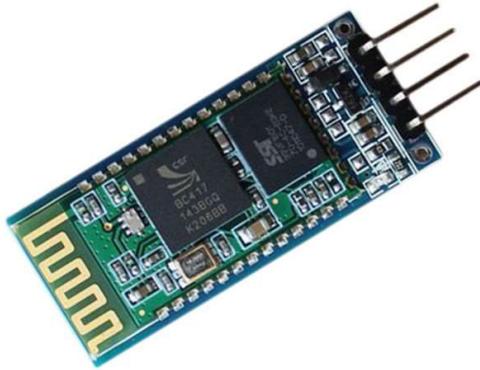


Ilustración 18. Módulo HM-06

3.5.2.2. Módulo 2.4 GHz NRF24L01

El módulo NRF24L01 es un chip de comunicación inalámbrica diseñado para enviar y recibir información de forma inalámbrica a una frecuencia entre 2.4GHz a 2.5GHz. Debido a que no cumple los estándares 802.11, no se puede llamar Wifi a pesar de que su funcionamiento sea similar. La velocidad de transmisión es configurable entre 250 Kbps, 1Mbps, y 2 Mbps, permitiendo una conexión simultánea ampliable hasta 6 dispositivos. Este dispositivo permite que la comunicación sea robusta, corrigiendo errores y procesado el reenvío de datos en caso de ser necesario. Es posible elegir entre 125 canales espaciados a razón de 1MHz, con el fin de evitar interferencias con otro tipo de redes. Un factor que afecta de forma importante en el alcance es la alimentación del módulo. Para conseguir el máximo alcance se debe alimentar el a 3.3V, de forma estable.

Existen dos versiones de módulos que montan el NRF24L01, uno con antena integrada y un alcance máximo de 20-30 metros, y otra versión que incorpora una antena externa, con un alcance máximo en condiciones ideales de 700-1000 metros, que en la realidad se ven reducidos por diferentes factores, como la velocidad de transmisión, los obstáculos entre emisor y receptor y como se mencionó anteriormente, la alimentación. El precio de la versión con antena externa ronda los 2.5\$.



Ilustración 19. Módulo 2.4 GHz NRF 24L01.

Una vez analizados los módulos más interesantes de cara a desarrollar el proyecto, buscando simpleza y bajo coste, se debe decidir qué tecnología utilizar. La elección es complicada, pues ambas presentan fuertes ventajas y desventajas.

A pesar de que ambos módulos funcionan de una forma parecida (banda y velocidades similares), la característica en la que difieren es en la distancia efectiva. El módulo NRF24L01 tiene un alcance mucho mayor que el módulo bluetooth, por tanto, la señal interferida por objetos o paredes entre emisor o receptor será de mayor calidad. El módulo de sensores estará separado como mínimo por una pared y entre 5-6 metros de distancia hasta el módulo receptor, que se encuentra en cabina. Esto hace más capaz al wifi.

Sin embargo, el bluetooth se comunica de forma más simple con otros dispositivos, como pueden ser los smartphones. En caso de que se quisiera recibir los datos en el teléfono móvil el bluetooth facilitaría la tarea.

Como el objetivo mencionado anteriormente consiste en el desarrollo de un primer prototipo funcional, se utilizará el módulo de radiofrecuencia, debido a su alcance y robustez. Sin embargo, se considerarán todas las posibles mejoras de cara al continuo desarrollo del proyecto.

3.6. Diseño en Detalle: Módulo Emisor

Una vez fijados los componentes comunes que deberán tener ambos dispositivos, se procede a definir de forma específica aquellos que definirán las funciones de este. Se trata de utilizar componentes que devuelvan medidas fiables, con una incertidumbre aceptable, y por un precio adecuado. En este caso, se buscarán un módulo para cumplir las siguientes funciones:

- Temperatura
- Humedad Relativa
- Calidad del Aire
- Micropartículas
- Incendio

3.6.1. Temperatura y Humedad – DHT22

El DHT22 es un sensor digital de temperatura y humedad de bajo costo. Utiliza un sensor capacitativo para medir la humedad relativa presente en el aire y un termistor para medir su temperatura. El sensor devuelve una señal digital a través del pin de datos, por lo que no requiere entradas o salidas analógicas. Su construcción es bastante simple, aunque para su correcto uso debe permanecer encendido durante unos minutos para obtener unas medidas correctas.

Es capaz de obtener medidas entre 0-100% de humedad relativa con una precisión aproximada de entre 2-5%. Respecto la temperatura, el sensor tiene un buen comportamiento desde temperaturas de -40°C a 80°C con una precisión de $\pm 0.5^\circ\text{C}$ aproximadamente. La tasa de refresco es de 0.5 Hz, lo que permite obtener medidas cada dos segundos. Su coste es de 5\$.

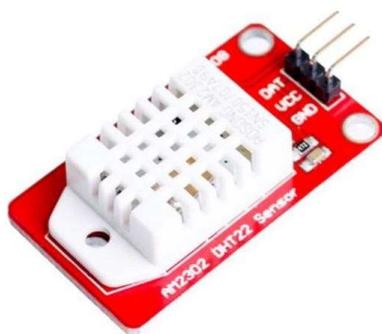


Ilustración 20. Sensor Temperatura y Humedad DHT22.

3.6.2. Calidad del Aire – MQ-135

Debido a la concentración de gases potencialmente peligrosos para los seres vivos según visto anteriormente, se instalará un sensor capaz de obtener medidas sobre la presencia de estos en el aire, entre los que se incluyen Amoníaco (NH₃), Óxidos de nitrógeno (NO_x), Alcohol, Sulfuros, Benceno (C₆H₆), Monóxido de carbono (CO) y humo. Este componente utiliza una pequeña resistencia en su interior que actúa como calentador junto con un sensor electroquímico. Este sensor electroquímico es sensible a la presencia de los gases anteriores, y devolverá un valor en formato analógico en función de la cantidad de gases que se encuentren en el aire.

Esta cantidad se mide en ppm o partes por millón, medida utilizada para medir la concentración que indica el número de unidades de una determinada sustancia por cada millón a su alrededor. Si se desea medir únicamente un solo gas, el sensor se podrá configurar según su *datasheet*, la hoja técnica del sensor. Su rango alcanza desde las 2 ppm hasta las 1000 ppm. Este sensor necesita ser encendido durante cierto tiempo antes de obtener medidas correctas, pues el calentador interno debe llegar a la temperatura óptima de funcionamiento. Es por eso por lo que, en caso de estar expuesto a corrientes de aire o cambios bruscos de temperatura, su precisión no es la máxima. Tiene un coste de 3\$ aproximadamente.



Ilustración 21. Sensor Calidad del Aire MQ-135.

3.6.3. Micropartículas – SDS011

Para medir el nivel de partículas en el aire se utilizará un módulo SDS011, el cual es capaz de medir el número de micropartículas en el aire mediante la técnica de dispersión láser. La dispersión láser mide las distribuciones del tamaño de las partículas a partir de la variación angular de la intensidad de la luz dispersada cuando un rayo láser pasa a través de una muestra de partículas dispersas en el aire. Las partículas grandes dispersan la luz en ángulos pequeños en relación con el rayo láser, y las partículas pequeñas dispersan la luz en ángulos grandes. Después se analizan los datos de la intensidad de dispersión angular para calcular el tamaño de las partículas responsables de crear el patrón de dispersión y así obtener el número de estas. Posteriormente se transforma a una señal digital para ser enviada. Este sistema se apoya en la Teoría de la dispersión de Mie.



Ilustración 22. Sensor Micropartículas SDS011.

En concreto este sensor es capaz de medir partículas desde 0.3 hasta 10 μ m, por tanto, se podrá obtener la medición de PM2.5 y PM10, valores muy utilizados actualmente para determinar la calidad del aire sobre todo en núcleos urbanos, pues entre las partículas de este tamaño se encuentran aquellas emitidas por los vehículos, por ejemplo. El rango de medición se sitúa entre 0 μ g/m³ hasta 999.99 μ g/m³ y es capaz de enviar datos cada 1 segundo. A pesar de que su error relativo es considerablemente alto según el fabricante (10%), la poca variabilidad a la que se verá sometido no inducirá a error. Este sensor también se encargará de detectar posibles incendios, ya que, si se produce una escalada en el valor obtenido por el sensor en un tiempo muy pequeño, se podrá afirmar que hay una fuente de partículas cerca de este, cuyo único origen puede

ser un proceso de combustión. Este es el sensor más caro y además sofisticado de los vistos hasta ahora. Su precio es de 20\$.

Con estos 3 sensores se podrán cumplir las funciones del módulo principal, asegurándonos una monitorización completa de las variables que afectan de mayor manera a los equinos durante su transporte, por tanto, se pueden considerar válidos y continuar hacia los componentes que necesitará el segundo modulo o modulo receptor.

3.7. Diseño en Detalle: Módulo Receptor

Una vez los sensores recopilan toda la información es procesada por el Arduino Mega, los datos se envían hacia el módulo secundario ubicado en la cabina. Este módulo únicamente tiene la función de transmitir la información recopilada, por tanto, su construcción será más simple que el dispositivo principal. Concretamente, sus componentes esenciales serán una pantalla y un timbre. La pantalla deberá ser lo suficientemente grande como para poder entender con facilidad los datos mostrados, táctil para facilitar su control y, por último, económica.

Durante el análisis de posibles pantallas a utilizar, se valoró la opción de usar una pantalla táctil con un sistema operativo Android. Este tipo de dispositivos multimedia son utilizados en automoción, y es posible encontrarlas de forma fácil en el mercado. Sin embargo, para poder recibir los datos y mostrarlos después era necesario desarrollar una App e instalarla en el dispositivo. Por tanto, se optó por la sencillez de utilizar una pantalla táctil capaz de desarrollar en ella una interfaz hombre-máquina o HMI por sus siglas inglesas (Human Machine Interface). Una HMI es una interfaz de usuario que conecta de forma gráfica a una persona con una máquina, sistema o dispositivo con el fin de realizar operaciones o monitorizar procesos desde un terminal con una pantalla. Por ejemplo, el cajero de un banco tendría una HMI para realizar todas las operaciones que este ofrece. Además, la información se representa en forma gráfica, en vez de texto. La ventaja que presenta es que de esta forma se pueden ver directamente los datos utilizando iconos u otro tipo de formas, de una forma simplificada para el usuario. En este caso concreto esto es de gran importancia pues al tratarse de un conductor, la atención debe mantenerse a la conducción, impidiendo a este apartar su mirada de la carretera durante mucho tiempo. Buscando en el mercado se encontró un fabricante de pantallas táctiles especialmente diseñadas para integrar HMIs, ofreciendo componentes de diferentes tamaños y capacidades:

3.7.1. Pantalla Táctil NEXTION NX4832K035

NEXTION es una empresa que ofrece pantallas táctiles TFT LCD combinadas junto con un procesador gráfico y una memoria interna. Concretamente este modelo cuenta con una pantalla de 3.5" y una resolución de 480*320 pixeles. Cuenta con un Slot para tarjetas SD para cargar la interfaz en su memoria interna. Al tener su propio procesador, su velocidad será mayor que si el procesamiento grafico dependiera del Arduino al que va conectado. Su precio es de 32\$



Ilustración 23. Pantalla Táctil NEXTION NX4832K035.

Una gran ventaja de este fabricante es que pone a disposición del usuario un software específico para realizar el diseño de la interfaz de forma visual, de esta forma se obtiene una gran libertad a la hora de diseñar, pues no existen apenas limitaciones a la hora de programar el sistema, además de incidir en la facilidad a la hora de ser programada. Su implementación en Arduino es sencilla pues únicamente se obtendrán de este las variables necesarias que se proyectarán en la pantalla.

3.7.2. Buzzer

El otro elemento es un zumbador, cuyo funcionamiento se basa en un transductor electroacústico, transformando la corriente eléctrica en sonidos de determinada frecuencia. Este componente se utilizará como alarma cuando las variables medidas obtengan valores peligrosos para la salud animal.

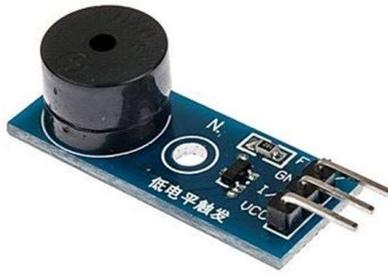


Ilustración 24. Zumbador 110.

Además de los componentes esenciales, se necesitarán otros para que el sistema funcione de forma correcta, y pueda ser ensamblado. Se hablará de ellos a continuación, priorizando la fabricación del dispositivo. Entre estos se encuentran:

- **Placa pre perforada:** Esta placa será la encargada de dar soporte a todos los componentes. Gracias a sus pequeñas perforaciones y estar fabricada en cobre, los pines se pueden anclar a ella y ser posteriormente soldados. Sus medidas serán de 120x180mm para dar cabida a todos los componentes
- **Leds:** El prototipo contará con 3 leds de diferente color situados en el módulo principal para conocer el estado del mismo. Es importante obtener feedback acerca del funcionamiento de este, para poder detectar los posibles problemas de forma rápida. Los colores de estos leds serán Verde, Amarillo y Rojo y cada uno ofrecerá una información diferente.
 - ❖ Led Verde: Indica que el dispositivo se encuentra encendido y todos sus componentes funcionan de manera correcta.
 - ❖ Led Amarillo: Su parpadeo significa que el envío de paquetes de datos desde el módulo emisor está siendo realizado.
 - ❖ Led Rojo: Cuando se encuentra encendido indica un fallo del sistema.
- **Ventiladores:** Cuanto mayor flujo de aire discurra por el interior de la carcasa, mayor velocidad se producirá en la detección de la variación de las características ambientales. En caso de incendio, la variación de las partículas en el aire se produce a una velocidad muy alta, por lo que se deberá mantener un flujo correcto. Para ello se contará con dos ventiladores de 30x30mm situados en lados opuestos y en sentidos inversos (inyección-extracción).

- **Módulo de alimentación 12V:** Debido a que cada componente es alimentado a diferente voltaje, y su rendimiento varía en función de donde provenga la corriente, se instalara un conector de 12V hembra para poder conectar a este un transformador de 220V o un enchufe de coche para realizar las pruebas necesarias. De esta forma se puede alimentar de forma individual cada componente, variando el voltaje de entrada mediante diferentes relés en vez de obtener toda la corriente desde el Arduino.

Una vez con todos los componentes de hardware definidos se procede a la conexión de estos mediante el diseño del circuito. Cabe destacar que durante el desarrollo del proyecto se contó con ayuda externa de cara a la optimización de este, por tanto, se mostrarán únicamente los esquemas de conexión finales para reflejar la posición y el cableado de estos.

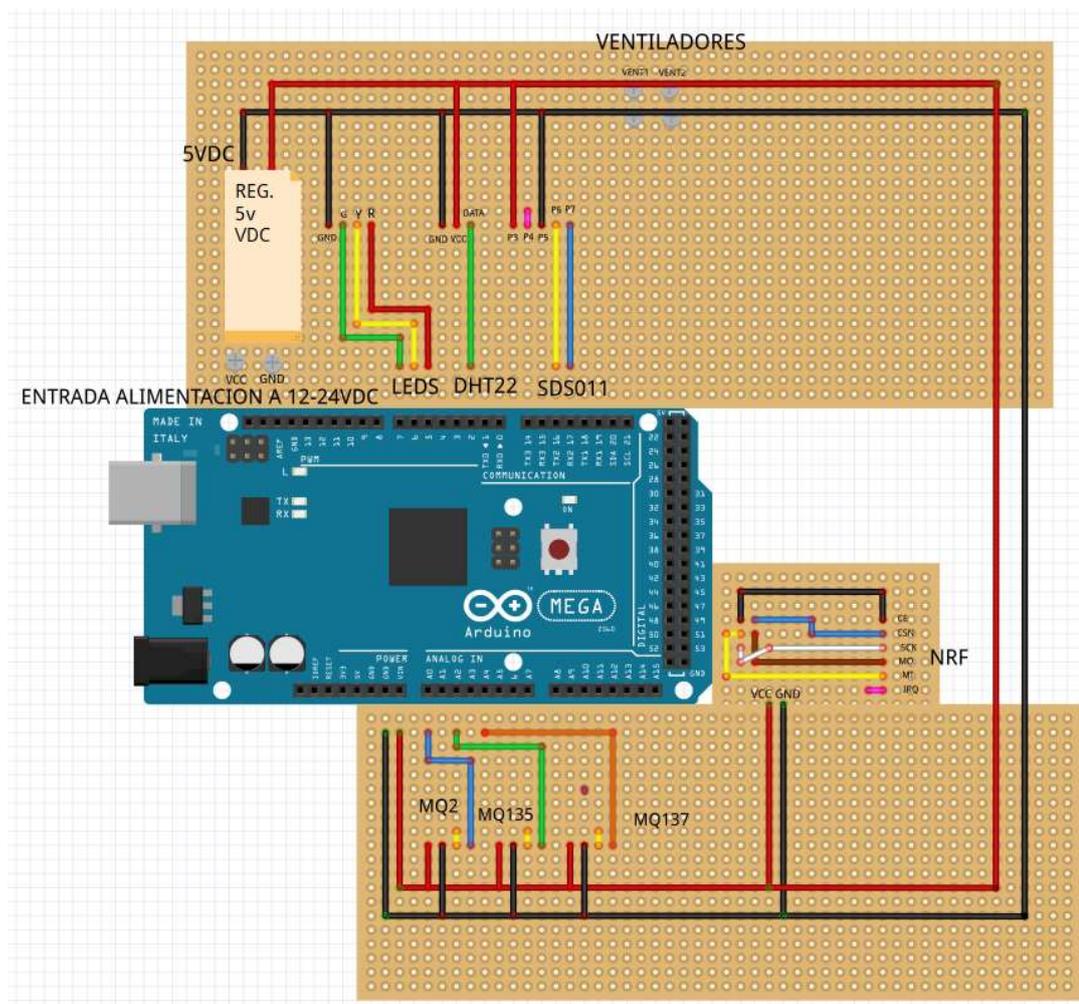


Ilustración 25. Esquema de conexión módulo emisor.

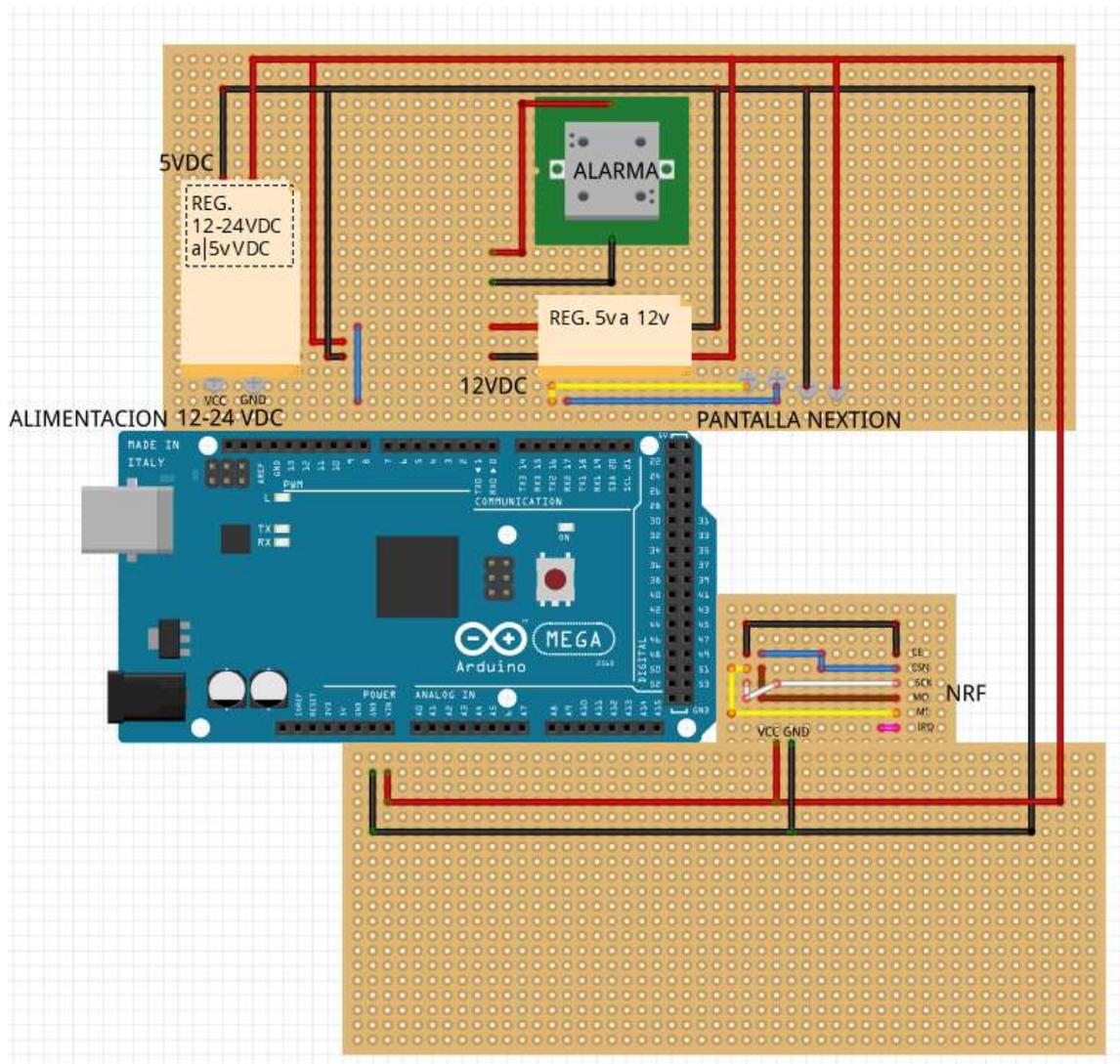


Ilustración 26. Esquema de conexión módulo receptor.

3.8. Diseño de las Carcasas

Para proteger el hardware de los agentes externos, tanto como de posibles caídas o golpes, todo el sistema se alojará en el interior de una carcasa. Esta deberá permitir además un correcto flujo de aire, provocado principalmente por los ventiladores mencionados anteriormente. La carcasa estará compuesta por dos partes. La parte inferior será aquella donde se anclará el hardware, además de situarse los conectores principales, mientras que la parte superior tendrá la función de proteger los componentes, además de incorporar una rejilla de ventilación que impida el paso de elementos de gran tamaño al interior. El diseño se realizará con el fin de fabricarlo

mediante impresión 3D en material PLA, pues es un proceso muy rápido y económico. Por tanto, las necesidades que debe cumplir la carcasa son las siguientes:

- ❖ Fijación adecuada del hardware a la carcasa
- ❖ Unión adecuada entre las partes de la carcasa
- ❖ Aperturas que permitan un correcto flujo de aire
- ❖ Apta para fabricación aditiva con material PLA
- ❖ Acceso a conexiones sin necesidad de abrir la carcasa
- ❖ Robustez de cara a posibles impactos
- ❖ Tamaño mínimo posible

Cuando se diseña un producto electrónico enfocado al ámbito industrial, el hardware se diseña en función de carcasas ya existentes en el mercado. Esto permite abaratar los costes, pues es mucho más barato comprar carcasas ya fabricadas que realizar todo el proceso de diseño y fabricación, incluyendo utillajes, moldes, etc. Sin embargo, cuando el producto va enfocado a las personas o cuyo aspecto tiene una influencia en su uso o venta, las envolventes deben ser diseñadas y fabricadas. Este producto está entre ambos casos. Sin embargo, como se indicó antes, su fabricación se realizará mediante fabricación aditiva y en forma de prototipo, lo que nos permitirá desarrollar las carcasas desde 0. Si este producto se llevara a una fabricación en serie en un futuro, probablemente se optaría por utilizar carcasas ya existentes en el mercado, y diseñar en función de estas la placa con el hardware necesario, eliminando componentes prescindibles abaratando su coste. Se considera que la estética apenas es interesante en este producto, pues en caso de desarrollarse a nivel completo, la pantalla estará integrada en el salpicadero y el módulo emisor no será visto por ninguna persona humana salvo en contadas ocasiones.

Por tanto, en primer lugar, se realizará un diseño para probar diferentes conceptos y asegurarse de que las medidas elegidas son las correctas. Sobre ese diseño inicial se introducirán modificaciones para perfeccionar los aspectos en general y finalmente si es posible, mejorar la apariencia y fabricabilidad del mismo.

3.8.1. Diseño de Carcasa Inferior

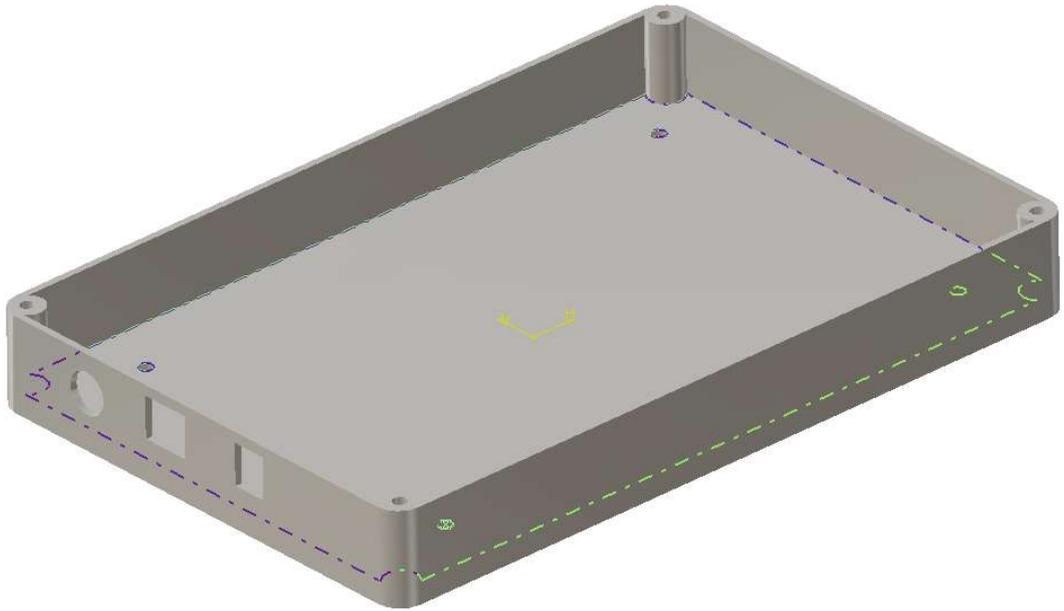


Ilustración 27. Carcasa inferior.

En la figura superior podemos ver el primer diseño de la parte inferior de la carcasa. Debido a que ambos módulos están contruidos sobre una placa pre perforada del mismo tamaño, y la placa de Arduino se encuentra en la misma posición, este mismo diseño será válido para ambos módulos. Como se puede ver, las uniones se realizarán mediante tornillería, pues esto permite una unión sólida y a la vez desmontable sin necesitar ajustes precisos entre las piezas. Para la unión entre partes de la carcasa se usarán tornillos de métrica 4, mientras que, para la unión de la placa, métrica 2. En la parte frontal se observan 3 orificios, correspondientes a la alimentación del sistema, la entrada USB de la placa de Arduino y su alimentación propia respectivamente. Para unir el hardware a la carcasa en esta primera versión, se decidió atornillar desde el exterior de la carcasa al interior, pues durante el montaje se añadieron unos soportes roscados mediante tornillos y tuercas alargadas de métrica 2. En la siguiente foto se puede observar en detalle.



Ilustración 28. Unión mediante tornillos de la PCB.

De cara a la mejora de la carcasa, se trabajó en un sistema de unión entre esta y la pared en la que será fijada. Debido a las vibraciones presentes se decidió usar tornillería para su fijación, pues el uso de adhesivos o cintas adhesivas puede fallar en caso de mucho movimiento. El hecho de que la cara inferior no sea lisa impide el montaje.

Otra mejora introducida fue el rediseño de las torretas, donde se introducirán los tornillos de unión entre la parte superior e inferior de la carcasa. Cuando el diseño de los cilindros implica un aumento en el grosor de la pared significa que está mal diseñado, ya que esto genera problemas de rechupe cuando su fabricación es realizada mediante moldeo por inyección. Además, se produce un aumento de costes pues el uso de material es mayor. Una posible solución consiste en dotar de nervios al cilindro, los cuales estarán en contacto con las paredes principales. Se aplicará este concepto a todos los “machos” de la carcasa, a excepción de aquellos que sostendrán la placa, pues apenas supondrá esfuerzo.



Ilustración 29. Rediseño de Carcasa Inferior.

3.8.2. Diseño Carcasa Superior del Módulo Emisor

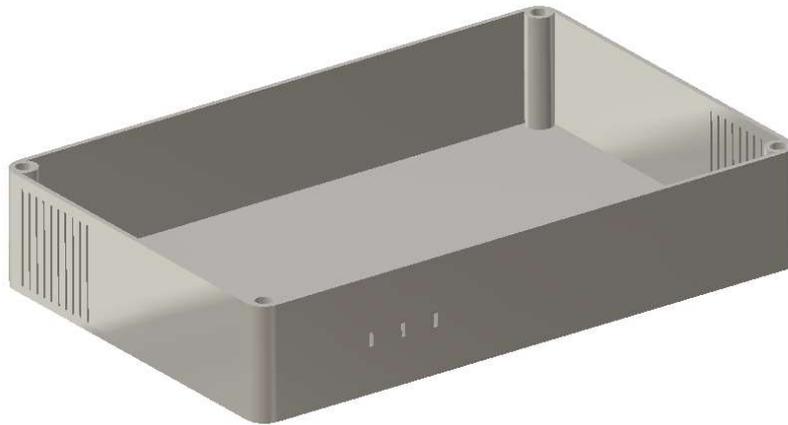


Ilustración 30. Carcasa superior del módulo emisor (vista interior).



Ilustración 31. Carcasa superior del módulo emisor.

La carcasa superior del módulo emisor presenta dos rejillas verticales, situadas en lados opuestos, encargadas de permitir un flujo correcto de aire que atraviese toda la placa de forma uniforme. Este diseño vertical está diseñado de esta manera para facilitar la fabricación mediante impresión 3D, pues de esta forma no es necesario crear ningún soporte de construcción. Los ventiladores se situarán en ese lugar. Además, se observan

3 pequeños orificios, encargados de permitir el paso de la luz de los leds y así conocer el estado de estos. Respecto a las uniones, se observan 4 taladros en las esquinas, de un diámetro superior al de los tornillos que se montarán. En este primer diseño estos talados pasantes están pensados para que los tornillos solo rosquen en la parte inferior.



Ilustración 32. Rediseño de Carcasa superior del módulo emisor.

En el siguiente diseño se realizaron cambios semejantes a los vistos en la carcasa de la parte inferior. En primer lugar, el rediseño de las torretas que alojan los tornillos. Además, se realizará un cajeadado en la superficie, donde se alojarán las cabezas de los elementos de unión, para no crear tensiones sobre la cara superior.

3.8.3. Diseño de Carcasa Superior del Módulo Receptor



Ilustración 33. Carcasa superior del módulo receptor.

La figura superior hace referencia a la carcasa superior del módulo emisor. Las dimensiones son exactas a la del módulo emisor, aunque se ve a simple vista que presenta diferencias. Este carece de rejillas para la ventilación o indicadores leds, sin embargo, se ve un espacio central. Este es el lugar designado para situar la pantalla táctil. Cuenta con un marco biselado para aprovechar al máximo la zona de presión y utilizarla de forma más cómoda.

En este caso apenas es necesario un rediseño aparte de los ya planteados en la carcasa anterior, pues este módulo tiene la función principal de informar al conductor de forma correcta.



Ilustración 34. Rediseño de la carcasa superior del módulo receptor.

Cabe destacar que la primera versión apenas cuenta con connotaciones estéticas, pues al tratarse de un prototipo y de la primera versión de las carcasas, lo que se buscaba era validar la dimensión de estas, el comportamiento de las uniones y el funcionamiento del producto en general, además de no ser esta la característica principal del producto.

Desgraciadamente debido a la situación vivida por el COVID19 y la falta de los medios necesarios, no pudo llevarse a cabo la fabricación de estas segundas versiones, por tanto, solo se observarán en imágenes reales las envoltentes ya fabricadas.

3.9. Diseño de la Interfaz UX/UI

Un requisito fundamental para el correcto funcionamiento del producto es un buen diseño de la interfaz de usuario. La interfaz hace referencia a la representación gráfica de la información que se transmite directamente al usuario.

En este caso, como se comentó anteriormente, esta interfaz deberá ser especialmente diseñada para transmitir la información de forma clara y concisa, distrayendo de la menor manera al conductor. Todo ello en el reducido espacio de la pantalla utilizada.

En principio se rechazó una interfaz cargada de texto, números y opciones que pudieran requerir un exceso de atención. Haciendo un pequeño estudio de inspiración se llegó a la conclusión de que el uso de colores es capaz de transmitir de una forma más intuitiva

que los caracteres cuando se trata de seguridad vial, como por ejemplo los semáforos o los colores de las señales. Este concepto se extrapoló al diseño, con la intención de indicar mediante colores el nivel de las variables medidas y por tanto informar cuando estos valores estaban fuera de sus límites recomendables.

Sin embargo, también se consideró importante la representación de las variables medidas, como por ejemplo la temperatura, pues diferenciarlas únicamente por colores puede conllevar pérdida de información. El diseño debería combinar ambas características, manteniendo las necesidades iniciales.

Se decidió realizar un diseño en dos capas de información diferente. En primer lugar, unos círculos de colores indicarían el estado de la variable, representando el color verde un valor correcto, el amarillo estado de alerta y el rojo peligro. Estos círculos son lo primero que se observa en el momento en el que se pone la vista sobre la pantalla, ofreciendo el estado general del ambiente. En segundo lugar, dentro de cada círculo se situarán los valores exactos medidos de las variables, por si interesa a la persona encargada del transporte conocerlos de forma determinada. Por tanto, solo sufrirá una leve distracción en el caso de conocer un valor en concreto y no todos a la vez.

Para aumentar la simplicidad en la lectura, se añadieron dos círculos a mayores, en los cuales se valora de forma separada el ambiente y la calidad del aire. En el primero caso afectan únicamente la temperatura y la humedad, representando el índice ITH explicado en el apartado de como el stress térmico afecta a los caballos. En el segundo caso, se hace un cálculo en función de las micropartículas en el aire y la presencia de gases nocivos. En el interior de estos círculos de mayor tamaño, se presentan las palabras *Safe*, *Warn* y *Risk* para indicar de un vistazo el estado, además de activarse la alarma en este último caso. Después en la parte inferior se situarán en menor tamaño los círculos correspondientes a todas las variables, junto con un pequeño logo que indica que tipo de variable está midiendo.



Ilustración 35. Interfaz principal: Safe.



Ilustración 36. Interfaz principal del dispositivo: Risk.

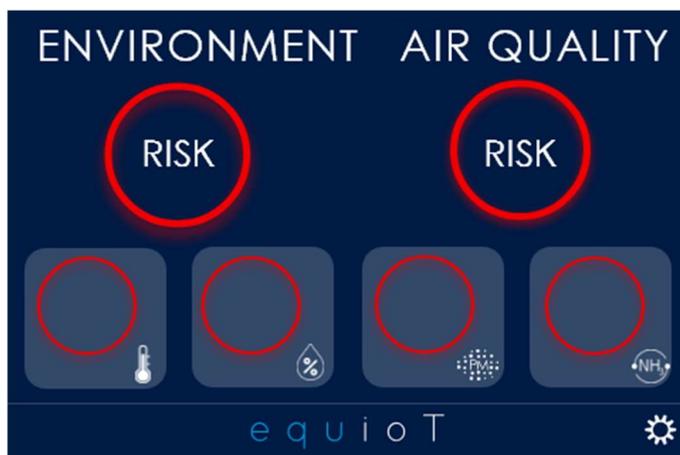


Ilustración 37. Interfaz principal del dispositivo: Risk.

Como se puede observar en la imagen superior, un pequeño logotipo identifica que variable representa cada círculo, siendo concretamente temperatura, humedad, micropartículas y gases peligrosos. Además, en caso de que se detecte un posible incendio en la parte de atrás, saltará una alarma además de un aviso gráfico.

Si un sensor dejara de funcionar o sus valores se intuyen incorrectos, se estudió la posibilidad de inhabilitarlos de forma manual para que no alterara las mediciones e hiciera saltar de forma negativa la alarma hasta que pudiera ser reparado. Además, también sería interesante tener la opción de encender y apagar estas en caso de no tener la necesidad de obtener una señal auditiva. Es por ello por lo que se creó un menú

de ajustes con el fin de poder realizar las tareas anteriores. Por último, se incluyó un pequeño símbolo que representaba cuando el dispositivo recibía los datos del emisor y comprobar así que su funcionamiento era correcto.

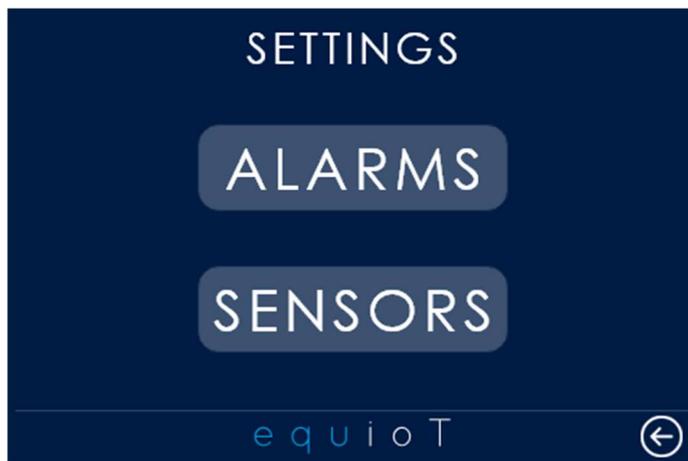


Ilustración 38. Interfaz principal de ajuste.



Ilustración 39. Interfaz de ajuste de alarmas.

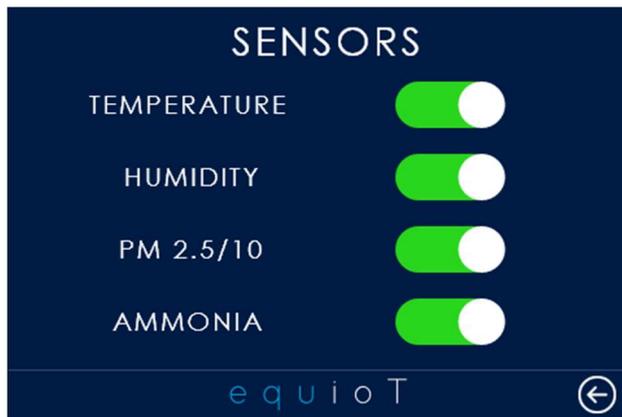


Ilustración 40. Interfaz de ajustes

3.10. Imagen Gráfica

Además del desarrollo técnico, se diseñó un nombre para el producto, además de un logotipo y su correspondiente imagen de marca.

Para decidir el nombre, se buscaron conceptos relacionados con el producto, mezclando principalmente palabras relacionadas con el mundo equino y el de la tecnología. Buscando diferentes combinaciones se obtuvo el nombre final: **EquioT**

EquioT hace referencia a dos palabras, *equine*, equino en inglés e IoT, internet de las cosas o *Internet of Things*. IoT es un concepto que hace referencia a la conexión entre sí y a la red de dispositivos inteligentes. Este concepto está en pleno desarrollo en diferentes ámbitos, incluida la Industria 4.0 y se aplica a este producto, con el objetivo de que en un futuro el dispositivo esté conectado a la red.

Una vez con el nombre definido se procedió a diseñar un logotipo llamativo con el mismo principio de la unión de diferentes términos. En este caso, para representar la tecnología o el IoT mencionado anteriormente, se puso el foco en la conexión inalámbrica, representada mediante ondas. El resultado final fue el siguiente:



Como se puede observar, el logotipo está definido por la silueta de la cabeza de un caballo, cuyo cuello se torna sobre sí mismo formando una conexión de curvas concéntricas en un punto, representando la conectividad del producto. Esta continuidad se consigue también mediante el uso del color, el cual consiste en un degradado de tonos azules, más oscuros en la parte superior y más claros en la inferior. Esta combinación de colores permite también su uso con fondos oscuros, aunque no está diseñado principalmente para ello.

Respecto la tipografía usada, se trata de la fuente *poppins*, de uso libre. Esta tipografía no presenta serifas, lo que le da un aspecto muy limpio y minimalista al logo, facilitando la lectura del nombre del producto.

El logo será utilizado en forma de impresión sobre las carcasas del producto, así como imagen corporativa en caso de presentaciones del producto.

4. Resultados Finales



Ilustración 41. Dispositivo Final.



Ilustración 42. Módulo emisor.

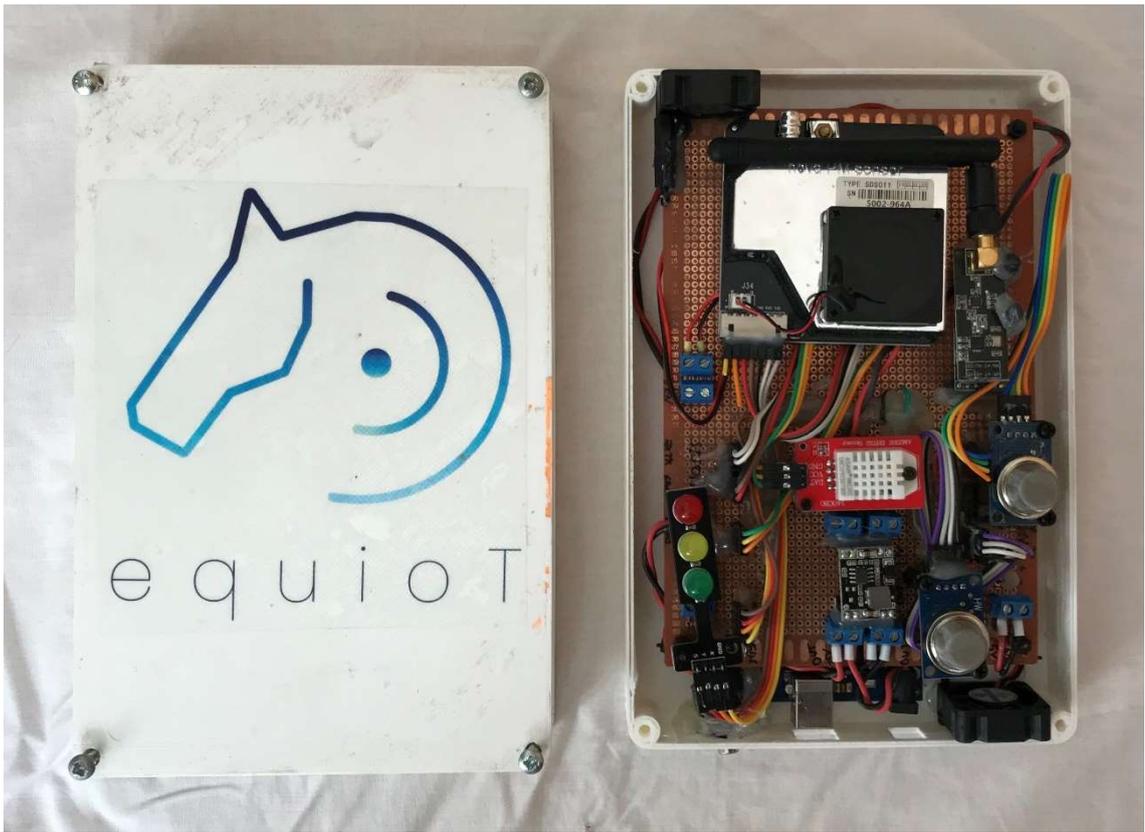


Ilustración 43. Módulo emisor sin carcasa.



Ilustración 44. Módulo receptor.

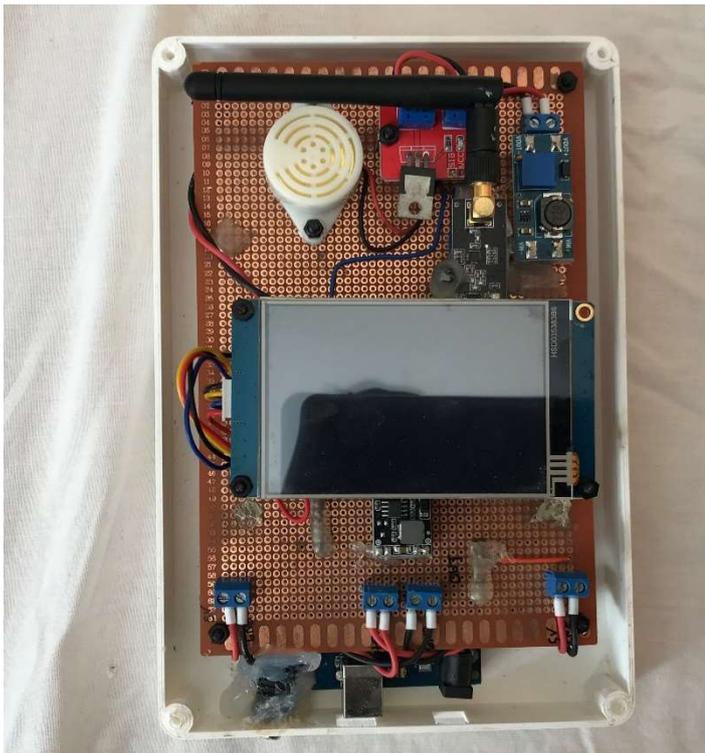


Ilustración 45. Módulo receptor sin carcasa.



Ilustración 46. Módulo receptor encendido.

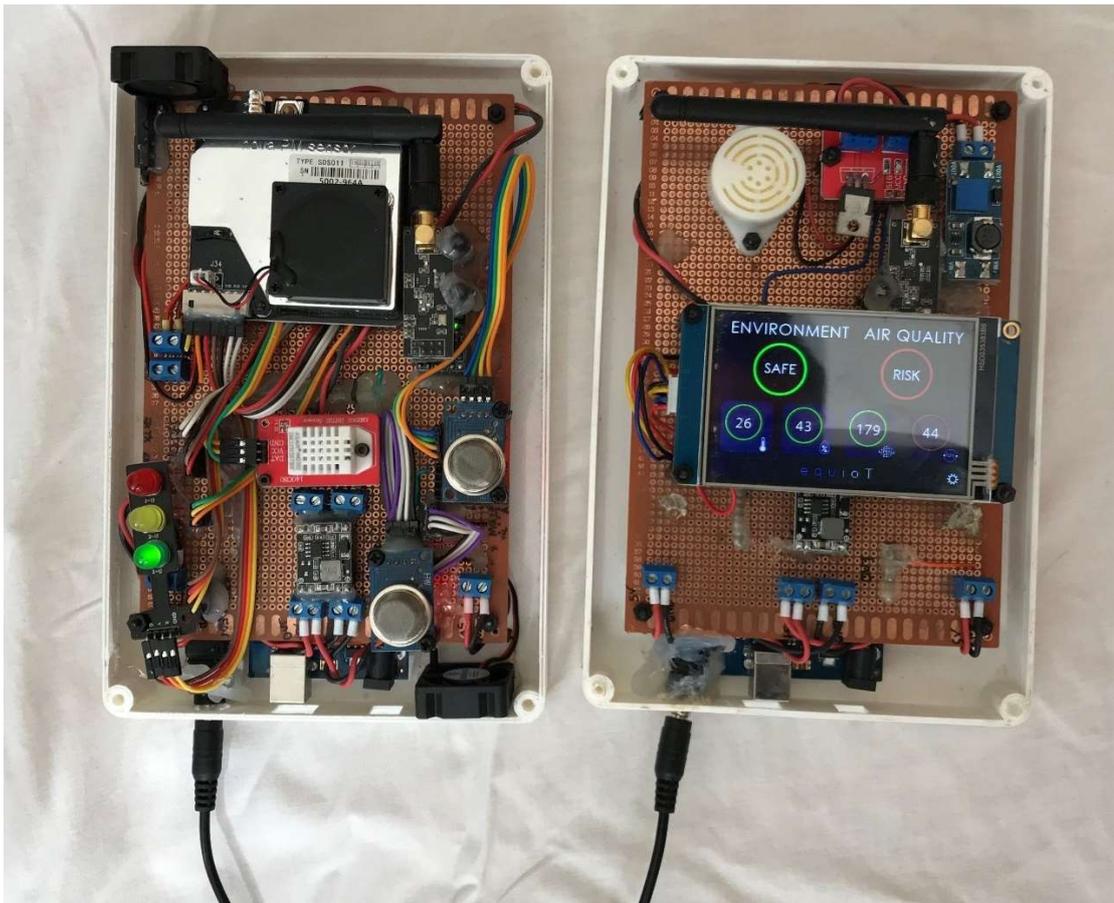


Ilustración 47. Dispositivo sin carcasa.

3. Presupuestos

1. Primer Prototipo

Uno de los objetivos del proyecto consiste en conseguir un producto con un presupuesto aceptable. Para conseguirlo, como se ha visto previamente, se ha tratado de contar con tecnología ya desarrollada y componentes de uso muy extendido para abaratar costes.

En primer lugar, se desarrollaron los costes de fabricación del prototipo. Estos están compuestos principalmente por los materiales utilizados comprados a minoristas y la suma de las horas dedicadas a su desarrollo, incluyendo la parte de diseño del hardware electrónico, el diseño de la carcasa, la escritura del código y el montaje de todos los componentes, además del testeo del sistema. El precio de las horas de la mano de obra es determinado mediante una aproximación de un sueldo de Ingeniero Junior. Este presupuesto se realiza de una forma básica, sumando los costes reales tenidos en el momento de la fabricación.

Prototipo EquioT

| | Gasto | Coste por Unidad | Unidades | Total |
|----------------------------|-----------------------------------|------------------|-----------|-----------------|
| Materiales | Arduino Mega 2560 | 8,00 € | 2 | 16,00 € |
| | Pantalla Nextion 3.5" | 20,00 € | 1 | 20,00 € |
| | Fuente de Alimentación | 4,00 € | 2 | 8,00 € |
| | Transmisor 2.4 GHz | 3,50 € | 2 | 7,00 € |
| | Sensor SDS011 Microparticulas | 20,00 € | 1 | 20,00 € |
| | Sensor Temperatura Humedad | 2,00 € | 2 | 4,00 € |
| | Sensor Gases MQ | 2,00 € | 2 | 4,00 € |
| | Pack LEDs | 1,50 € | 1 | 1,50 € |
| | Placa, Cables y Soportes | 21,50 € | 1 | 21,50 € |
| | Impresión 3D Carcasa | 5,00 € | 4 | 20,00 € |
| | Buzzer | 1,00 € | 1 | 1,00 € |
| | Resistencias, Reguladores y Otros | 5,00 € | 1 | 5,00 € |
| Mano de Obra (en horas) | Desarrollo de Hardware | 9,00 € | 6 | 54,00 € |
| | Desarrollo de Software | 9,00 € | 30 | 270,00 € |
| | Montaje y Testeo | 9,00 € | 17 | 153,00 € |
| | Diseño de Carcasa | 9,00 € | 5 | 45,00 € |
| TOTAL MATERIALES | | | | 128,00 € |
| TOTAL HORAS | | | 58 | 522,00 € |
| TOTAL | | | | 650,00 € |

Tabla 5. Presupuesto para Prototipo EquioT.

2. Presupuesto Industrial

Después de esto, se plantea un presupuesto industrial para fabricar 100 unidades en serie y conocer el coste unitario en fábrica junto con un posible precio de venta. Esta cantidad es obtenida a partir del posible número de ventas en un año.

Este cálculo se realiza principalmente en base al Costo de fabricación, sobre el cual se añadirán otro tipo de costes.

2.1. Coste de Fabricación

El costo de fabricación representa el gasto directo de elaboración del producto y se compone de tres conceptos: material, mano de obra directa y puesto de trabajo.

$$\text{Coste de Fabricación} = \text{Material} + \text{M.O.D.} + \text{Puesto de Trabajo}$$

2.1.1. Material

Aquí se recogen todas las piezas necesarias para la fabricación del producto. La diferencia que se encuentra respecto al prototipo es principalmente el uso del hardware principal. Mientras el prototipo se diseña en base al Arduino, ahora la placa únicamente incorpora los componentes necesarios. Esto hace que el precio se reduzca considerablemente. Gracias a la economía de escala, comprar 100 componentes será unitariamente más barato que comprar uno.

Este modelo estará compuesto por una PCB preimpresa hecha por terceros, pues la fabricación de la misma requiere maquinaria concreta de coste elevado. Sobre esta PCB se montarán los componentes necesarios recogidos en la lista de materiales que se muestra al final del capítulo. Algunos sensores han sido sustituidos por otros que están pensados para ser soldados a la placa. Por último, se ensamblará el conjunto a las carcasas ya fabricadas.

El coste de los materiales en este caso se reduce casi a la mitad, pues el precio por unidad es aproximadamente 86€.

2.1.2. Mano de Obra Directa

Se denomina mano de obra directa (M.O.D) al conjunto de operarios relacionados directamente con la producción y con responsabilidad sobre un puesto de trabajo.

En este caso se busca un operario de montaje de componentes electrónicos, que tiene la función de soldar los elementos en la placa y posteriormente unir el conjunto a las carcasas e instalar el software necesario. La operación de soldadura es a menudo

realizada por maquinas especializadas cuando se trata del montaje de componentes de tamaño extremadamente pequeño o delicadeza extrema, lo que impide un manejo seguro de estos por operarios humanos. En este caso, al ser componentes estándar no habrá ningún problema en ser soldados a mano.

Se estima un tiempo medio de montaje de 2:30 por cada equipo completo, que engloba dos módulos. Este tiempo se desglosa en soldadura de componentes (120 minutos), montaje del conjunto en la carcasa mediante tornillería (5 minutos) e instalación del software (15 minutos). Se dejan 10 minutos libres por posibles problemas durante alguna de las fases.

Por tanto, en una jornada laboral será posible montar 3 equipos completos por cada puesto de trabajo con un posible descanso para el operario. Semanalmente se montarán 15 equipos. Y aproximadamente en un mes 60 unidades. Como el objetivo es fabricar 100 unidades al año de forma inicial, se contratará al operario por un total de 34 días laborables a jornada completa, es decir, 8 horas diarias.

En este caso no se considera ningún tipo de mano de obra indirecta, pues al intervenir un único operario en el proceso, no existe ninguna persona relacionada en la fabricación que no tenga responsabilidad directa sobre el producto.

2.1.3. Coste del Puesto de Trabajo

Los costes de los puestos de trabajo hacen referencia al coste del equipamiento propio (maquinaria e instalaciones) además del coste de almacenamiento.

El operario designado anteriormente utilizará principalmente una estación de soldadura de estaño, además de diferentes herramientas para el montaje de las carcasas y la instalación del software. A su vez, estas tendrán un coste por uso y mantenimiento que se añadirán de forma porcentual al valor base del equipo, además de su amortización, la cual se considerará de 2 años para el centro de soldadura y 4 años para el equipo informático.

Estas actividades se realizarían en un pequeño taller que permita realizar las diferentes operaciones necesarias de una forma segura para el usuario.

Para conocer el consumo de todas las máquinas y herramientas se realiza un cálculo aproximado en función de las horas de uso de cada equipo, su consumo en vatios y el precio medio del kW/h.

2.2. Cargas Sociales

Las Cargas Sociales representan el conjunto de aportaciones de la empresa a diversos departamentos y organismos oficiales, para cubrir las prestaciones del personal en diferentes materias. Entre estas se encuentra Seguridad Social, Seguro de Desempleo, Accidentes de trabajo, etc.

Según el portal de la Seguridad Social estas oscilan entre el 32% y el 37% sobre la mano de obra. Se considerará un 35% en este caso.

2.3. Gastos Generales

Se define como gastos generales el costo total necesario para el funcionamiento de la empresa, excluidos los costos ya analizados.

A pesar de poder ser valorado de forma libre, la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas lo fija entre un 13% y un 17%. En este caso se fija en un 15%, que se aplica al coste de la Mano de Obra directa.

A continuación, se muestra la lista de materiales junto con todos los cálculos realizados para obtener el coste unitario en fábrica para posteriormente argumentar un posible precio de venta.

LISTA DE MATERIALES

| Pieza | Nombre | Coste (€) |
|-------------------|-----------------------|--------------|
| CPU | STM32WB | 4 |
| TEMPERATURE PROBE | SHT20 | 12 |
| HUMIDITY SENSOR | SHT20 | 0 |
| PARTICLES SENSOR | SDS011 | 16,99 |
| AMMONIA | MQ137 | 5 |
| FLASH STORAGE | FLASH 128MB | 1,99 |
| WIRELESS CHIP | INCLUIDO CPU | 0 |
| DISPLAY | NEXTION NX4832T035 | 20,99 |
| ENCLOSURE | SCHNEIDER 15x20 | 5 |
| PCB | JLC SMT | 10 |
| ANT CHIP | NORDIC nRF51422 | 6,8 |
| GENERAL USE | RESISTORS; CAPACITORS | 3 |
| TOTAL | | 85,77 |

Tabla 6. Lista de materiales.

Coste de M.O.D.

| | Nº Operarios | Nº Días Laborables | Nº Horas | Jornal base(€/h) | TOTAL |
|---|--------------|--------------------|----------|------------------|------------|
| Operario de montaje de componentes electrónicos | 1 | 34 | 272 | 8,5 | 2.312,00 € |

Tabla 7. Coste de Mano de Obra Directa

Coste de Puesto de Trabajo

| | Coste | Amortización (años) | Consumo | Mantenimiento (10%) | TOTAL |
|----------------------------------|---------|---------------------|---------|---------------------|-------------------|
| Estación de Soldadura (60W 220V) | 64,99 € | 2 | 1,87 € | 6,50 € | 40,86 € |
| Taladro Bosch 550W | 35 € | 2 | 1,43 € | 3,50 € | 22,43 € |
| Equipo Informático | 500 € | 4 | 16,61 € | 50,00 € | 191,61 € |
| Alquiler Taller Total | 1.600 € | 0 | 0,50 € | 0 € | 1.600 € |
| | | | | TOTAL | 1.855,40 € |

Cálculo consumo

| | Wattios | Nº Horas totales | Precio (€/kWh) | TOTAL |
|----------------------------------|---------|------------------|----------------|---------|
| Estación de Soldadura (60W 220V) | 60 | 204 | 0,1527 | 1,87 € |
| Taladro Bosch 550W | 550 | 17 | | 1,43 € |
| Equipo Informático | 400 | 272 | | 16,61 € |
| Luminarias Taller | 12 | 272 | | 0,50 € |

Tabla 8. Coste de Puesto de Trabajo y cálculo del consumo de los equipos.

Hoja de Presupuesto Industrial

| Concepto | | Valor total (€) |
|------------------------------------|----------------------------|------------------|
| Coste de Fabricacion | Materiales | 8.600,00 |
| | Coste de M.O.D | 2.312,00 |
| | Coste de Puesto de trabajo | 1.855,40 |
| Cargas Sociales (35%) | | 809,20 |
| Gastos Generales (15%) | | 346,80 |
| Coste Total en Fábrica | | 13.923,40 |
| Coste por Unidad en Fábrica | | 139,23 |

Tabla 9. Hoja final de Presupuestos.

Como se puede observar, el coste unitario en fábrica es aproximadamente de 140€. Analizándolo en el siguiente diagrama de Pareto, se puede afirmar que la mayor parte del precio del producto viene del material, por tanto, si se fabricara un número mayor de unidades, el coste se vería reducido considerablemente gracias a las economías de escala.

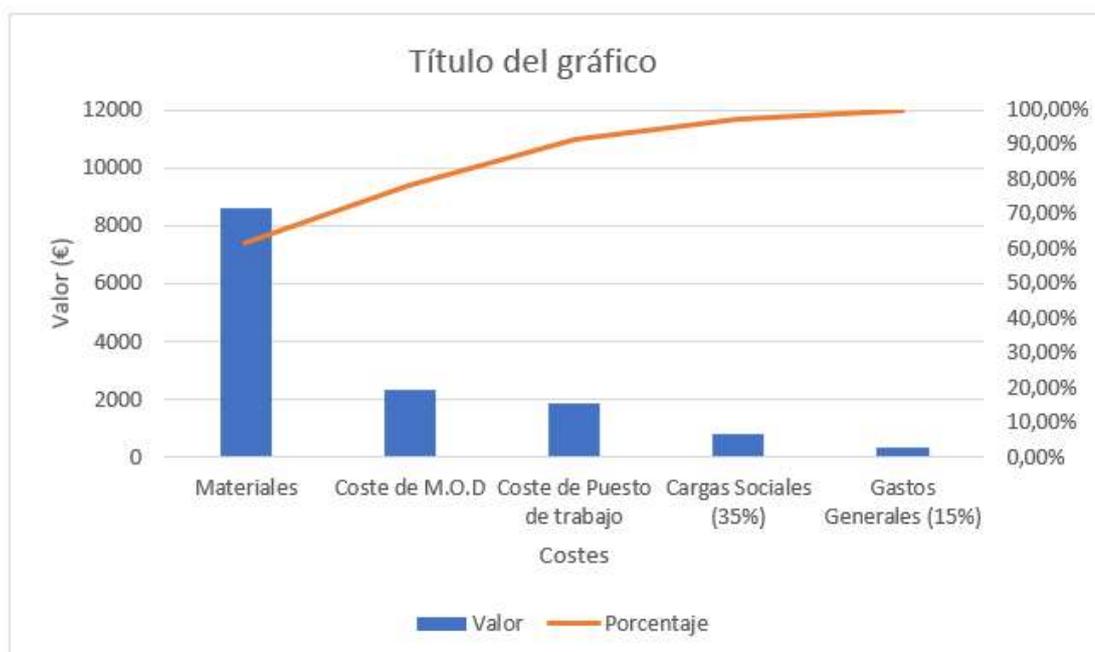


Ilustración 48. Diagrama de Pareto.

A la hora de decidir el precio de venta, además de muchos otros factores, es primordial fijar un beneficio aproximado que se espera obtener por cada unidad vendida. No se aplica el beneficio industrial, pues al ser un producto en sí, enfocado hacia la venta en otros mercados diferentes a la industria, el margen de ganancias se adaptará más al de productos de base tecnológica dentro del sector al que está dirigido.

Como se comentaba en el apartado “Necesidades de Mercado y Situación Actual”, el sector al que va enfocado al dispositivo permite un gran margen de beneficios, pues todos los productos, desde textiles a guarniciones, presentan un precio de venta elevado, comparado a otros de características similares pero pertenecientes a otro sector. Al no existir competidores de ningún tipo, el único factor limitante del precio es la cantidad de dinero que el cliente está dispuesto a pagar por el producto. En este caso en concreto, donde el cliente principal son directamente los fabricantes de vehículos de caballos, se suma el factor del valor añadido que generará este producto sobre el suyo, generando un deseo de compra por su parte, que podría transformarse en una necesidad establecida entre los competidores a largo plazo.

También se analiza el porcentaje económico que representa el precio del producto sobre el precio final de un camión de caballos nuevo. El coste aproximado de una furgoneta de transporte de caballos de 2 plazas de gama media-alta se estima en 50.000 euros. Si se fijara un precio de venta del producto, por ejemplo, del doble de su coste, en este caso 280€, esto representaría un 0,56% del precio del camión completo. Si nos fuéramos a un vehículo de gama media-alta con 6 plazas su precio podría ascender con facilidad a los 120.000€. En este caso, representaría un 0,23%.

Estos cálculos nos muestran que, al ser el target de venta los principales fabricantes europeos de camiones, se puede obtener un gran margen de beneficios antes de impuestos. El hecho de que no se produzca un gran volumen de ventas de transportes nuevos cada año, obliga también a elevar el precio de venta.

A pesar de que dentro del cálculo final habría que tener en cuenta otros factores, como los impuestos sobre los resultados o la publicidad del producto, se estima el precio final de venta al público de 400€ con IVA incluido.

| | Valor (€) |
|---|---------------|
| <i>Precio de Venta sin IVA</i> | 316,00 |
| <i>Precio de Venta con IVA (21%)</i> | 400,00 |

Tabla 10. Propuesta de Precio de Venta.

4. *Conclusión y Líneas Futuras*

Desde el primer momento en el que apareció la idea sobre la que se sustenta el proyecto, se tomó conciencia de la complejidad a la que podía llegar el mismo por diferentes factores, pero principalmente por la multidisciplinariedad necesaria para su desarrollo. Durante este tiempo, han ido surgiendo diferentes problemas y cuestiones acerca de cómo poder llegar a una solución final que cumpliera todos los objetivos necesarios. Pero por encima de todo, llegar a una solución real, fabricable y que fuera funcional, lista para usar. Quizá este aspecto es uno de los que generan más dudas, pues a pesar de iterar en cada paso que se da, al final es la capacidad del individuo de resolver los problemas la que determina el correcto desarrollo de cada etapa.

En este caso, el resultado al que se ha llegado coincide con todos los objetivos planteados en el inicio del documento. Para corroborarlo, se enumeran un conjunto de hitos logrados que avalan la validez del proyecto presentado, desde febrero de 2019, fecha en la que surgió la idea, hasta el día de hoy.

En primer lugar, en el ámbito académico, este proyecto fue considerado ganador de una beca PROMETEO 2019-2020 por la Universidad de Valladolid. Estos premios tienen el objetivo de apoyar e incentivar el desarrollo de prototipos orientados hacia el mercado, con el fin de conseguir un conjunto de productos que puedan ofrecerse para resolver las necesidades de diferentes sectores y de la sociedad, para posteriormente ser protegidos mediante propiedad industrial para su posible futura explotación comercial. A pesar de realizar todos los trámites, la situación excepcional del COVID19 ha retrasado los plazos para obtener la protección mediante patente.

Respecto el apartado comercial, durante el desarrollo del dispositivo hubo contacto con diferentes empresas fabricantes de vehículos de caballos. Una de las únicas respuestas obtenidas fue por parte de AT.M Horsetrucks, fabricantes de vehículos de transporte de caballos ubicada en Portugal. En el mes de noviembre de 2019 se realizó una presentación del producto a diferentes personas de la empresa, como el jefe de diseño y el director de la empresa, con el fin de obtener feedback acerca de la utilidad del dispositivo, qué aspectos mejorar y hablar sobre el posible desarrollo del mismo en colaboración. Debido a la respuesta tan positiva obtenida, el día 30 de noviembre de 2019, el producto fue presentado en IFEMA durante la Madrid Horse Week, el evento equino más importante de España, de la mano de AT.M Horsetrucks, con una gran acogida. Durante los siguientes meses se continuó con el desarrollo de cara a una siguiente versión, pero de nuevo, la situación vivida pausó todos esos planes.



Ilustración 49. Cartel mostrado en Madrid Horse Week.

El objetivo para un futuro a medio plazo consiste en desarrollar un producto mínimo viable (PMV) optimizado según los diferentes requerimientos. Principalmente se busca mantener las funciones que presenta el prototipo, pero utilizando únicamente los componentes necesarios soldados a una PCB ya impresa como se explicó anteriormente. De esta forma se consigue una reducción de uso en los componentes, y por tanto en el coste, además de un menor tamaño por dispositivo.

Como futuras mejoras, se plantea la incorporación de un chip de comunicación ANT+, el cual permite relacionarse con dispositivos diseñados para obtener constantes biométricas, como puede ser un pulsómetro. De esta forma sería posible obtener medidas como la variabilidad de la frecuencia cardiaca o el estrés sufrido por cada caballo en directo y así controlar completamente a los caballos al tener medidas tanto internas como del ambiente que los rodea. A partir de ahí sería posible estudiar cómo afectan las variables ambientales a las constantes vitales del caballo.

Otra posible mejora es el almacenamiento de toda la información en la nube. De esta forma aparece la posibilidad de visualizar todos los datos en un smartphone en cualquier momento. Así terceras personas, como los propietarios, pueden estar informados en tiempo real de la situación de los animales durante el viaje además de la localización. Otro punto positivo de esta mejora reside en la trazabilidad de los datos obtenidos, pues si toda la información es almacenada de forma online, y, por tanto, de forma segura, se podrá asociar al rendimiento futuro de los caballos con la calidad del transporte. Para conseguir esto, se incluiría un módulo que posibilite el envío de informaciones a un servidor previamente configurado y listo para mostrar la información a los usuarios.

Todas estas ideas se desarrollarán en el futuro, pues a pesar de que este documento solo recoge el desarrollo del producto hasta la fabricación del prototipo, a largo plazo se espera obtener un dispositivo final válido para ser comercializado y que sirva, quizá, como base para la formación de una posible empresa tecnológica.

5. Bibliografía

1. *Adafruit Sensors*. (30 de 04 de 2020). Obtenido de Adafruit:
<https://www.adafruit.com/category/35>
2. Animal Transport Guides . (2018). *Guía de buenas practicas para el transporte de caballos*. Comisión Europea. doi:10.2875/93855
3. *Arduino: About us*. (15 de Abril de 2020). Obtenido de Arduino Official Site:
<https://www.arduino.cc/>
4. Buchner, H., & Peham, C. (Abril de 2017). Effects of Whole Body Vibration on the Horse: Actual Vibration, Muscle Activity, and Warm-up Effect. *Journal of equine veterinary science*, 51, págs. 54-60. doi:10.1016/j.jevs.2016.12.005
5. Daemon Quest; Deloitte. (2013). *Estudio del impacto global del sector ecuestre en España*. Real Federación Hípica Española. Obtenido de
<http://www.rfhe.com/informacion-rfhe/estudio-global-de-impacto-econo/>
6. *Equisense*. (01 de Abril de 2020). Obtenido de <https://equisense.com/>
7. Friend, T. H. (2001). A review of recent research on the transportation of horses. *Journal of Animal Science*, págs. 32-40. doi:10.2527/jas2001.79E-SupplE32x
8. Galla, P. (2007). *Cómo funcionan las redes inalámbricas*. Anaya Multimedia.
9. Lundvall, J. (2013). *Comparison of stable environment in prior approved and non-prior approved horse stables*. Obtenido de
<http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:slu:epsilon-s-2314>
10. *Nextion Enhanced Series Introduction*. (30 de 04 de 2020). Obtenido de Nextion: <https://nextion.tech/enhanced-series-introduction/>
11. *Piavita*. (01 de Abril de 2020). Obtenido de <https://www.piavita.com/>
12. *Raspberry Pi About us*. (15 de Abril de 2020). Obtenido de Raspberry PI Official Site: <https://www.raspberrypi.org/>

13. Segnalini, M., Bernabucci, U., Vitali, A., & Nardone, A. (2012). Temperature humidity index scenarios in the Mediterranean basin. *International Journal of Biometeorology*, 57, págs. 451–458. doi:10.1007/s00484-012-0571-5
14. *Smart Halter*. (01 de Abril de 2020). Obtenido de <https://www.smarthalter.com/>
15. *Trackener*. (01 de Abril de 2020). Obtenido de <https://www.trackener.com/en/>
16. World Air Quality Index project. (15 de 04 de 2020). *The SDS011 Air Quality Sensor experiment*. Obtenido de Air Quality Index: <https://aqicn.org/sensor/sds011/es/>

Tablas de Contenido

Ilustraciones

| | |
|---|----|
| <i>Ilustración 1. Tapiz de Bayeux, Anónimo.</i> | 3 |
| <i>Ilustración 2. Camión de caballos. Obtenida de:</i> <i>https://www.scania.com/group/en/dutch-horse-power-for-ultimate-comfort/</i> | 11 |
| <i>Ilustración 3. Disposición en planta de un camión de caballos. Elaboración propia</i> | 12 |
| <i>Ilustración 4. Particiones para el transporte equino. Obtenida de:</i> <i>https://www.scania.com/group/en/dutch-horse-power-for-ultimate-comfort/</i> | 13 |
| <i>Ilustración 5. Rampa de acceso posterior. Obtenida de:</i> <i>https://www.scania.com/group/en/dutch-horse-power-for-ultimate-comfort/</i> | 14 |
| <i>Ilustración 6. Dispositivo de monitorización de temperatura. Obtenida de la guía de buenas practicas para el transporte de caballos.</i> | 18 |
| <i>Ilustración 7. Cabezada NightWatch. Obtenida https://www.smarthalter.com/</i> | 19 |
| <i>Ilustración 8. Dispositivo Piavet. Obtenida de https://www.piavita.com/</i> | 20 |
| <i>Ilustración 9. Cincha inteligente Equisense. Obtenida de: https://equisense.com/</i> | 21 |
| <i>Ilustración 10. Dispositivo Trackener. Obtenida de: https://www.trackener.com/en/</i> | 21 |
| <i>Ilustración 11. Esquema básico de funcionamiento. Elaboración propia</i> | 29 |
| <i>Ilustración 12. Boceto conceptual. Elaboración propia. Elaboración propia</i> | 29 |
| <i>Ilustración 13. Boceto conceptual del módulo receptor. Elaboración propia</i> | 30 |
| <i>Ilustración 14. Ubicación conceptual del módulo emisor. Elaboración propia.</i> | 30 |
| <i>Ilustración 15. Boceto conceptual del módulo emisor. Elaboración propia</i> | 31 |
| <i>Ilustración 16. Raspberry PI 4. Obtenida de:</i> <i>https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-4-model-b/</i> | 33 |

| | |
|---|----|
| <i>Ilustración 17. Arduino UNO Rev3. Obtenida de https://store.arduino.cc/arduino-uno-rev3</i> | 34 |
| <i>Ilustración 18. Módulo HM-06. Obtenido de: https://www.adafruit.com/category/35</i> | 38 |
| <i>Ilustración 19. Módulo 2.4 GHz NRF 24L01. Obtenido de: https://www.adafruit.com/category/35</i> | 39 |
| <i>Ilustración 20. Sensor Temperatura y Humedad DHT22. Obtenido de: https://www.adafruit.com/category/35</i> | 40 |
| <i>Ilustración 21. Sensor Calidad del Aire MQ-135. Obtenido de: https://www.adafruit.com/category/35</i> | 41 |
| <i>Ilustración 22. Sensor Micropartículas SDS011. Obtenido de: https://aqicn.org/sensor/sds011/es/</i> | 42 |
| <i>Ilustración 23. Pantalla Táctil NEXTION NX4832K035. Obtenido de: https://www.adafruit.com/category/35</i> | 44 |
| <i>Ilustración 24. Zumbador 110. Obtenido de: https://www.adafruit.com/category/35</i> | 45 |
| <i>Ilustración 25. Esquema de conexión módulo emisor. Elaboración propia</i> | 46 |
| <i>Ilustración 26. Esquema de conexión módulo receptor. Elaboración propia</i> | 47 |
| <i>Ilustración 27. Carcasa inferior. Elaboración propia</i> | 49 |
| <i>Ilustración 28. Unión mediante tornillos de la PCB. Elaboración propia</i> | 50 |
| <i>Ilustración 29. Rediseño de Carcasa Inferior. Elaboración propia</i> | 50 |
| <i>Ilustración 30. Carcasa superior del módulo emisor (vista interior). Elaboración propia</i> | 51 |
| <i>Ilustración 31. Carcasa superior del módulo emisor. Elaboración propia</i> | 51 |
| <i>Ilustración 32. Rediseño de Carcasa superior del módulo emisor. Elaboración propia</i> | 52 |
| <i>Ilustración 33. Carcasa superior del módulo receptor. Elaboración propia</i> | 53 |
| <i>Ilustración 34. Rediseño de la carcasa superior del modulo receptor. Elaboración propia</i> | 54 |
| <i>Ilustración 35. Interfaz principal: Safe. Elaboración propia</i> | 55 |
| <i>Ilustración 36. Interfaz principal del dispositivo: Risk. Elaboración propia</i> | 56 |
| <i>Ilustración 37. Interfaz principal del dispositivo: Risk. Elaboración propia</i> | 56 |
| <i>Ilustración 38. Interfaz principal de ajuste. Elaboración propia</i> | 57 |
| <i>Ilustración 39. Interfaz de ajuste de alarmas. Elaboración propia</i> | 57 |
| <i>Ilustración 40. Interfaz de ajustes. Elaboración propia</i> | 58 |
| <i>Ilustración 41. Dispositivo Final. Elaboración propia</i> | 61 |
| <i>Ilustración 42. Módulo emisor. Elaboración propia</i> | 61 |
| <i>Ilustración 43. Módulo emisor sin carcasa. Elaboración propia</i> | 62 |
| <i>Ilustración 44. Módulo receptor. Elaboración propia</i> | 62 |
| <i>Ilustración 45. Módulo receptor sin carcasa. Elaboración propia</i> | 63 |
| <i>Ilustración 46. Módulo receptor encendido. Elaboración propia</i> | 63 |
| <i>Ilustración 47. Dispositivo sin carcasa. Elaboración propia</i> | 64 |

| | |
|---|----|
| <i>Ilustración 48. Diagrama de Pareto. Elaboración propia</i> | 70 |
|---|----|

Tablas

| | |
|---|----|
| <i>Tabla 1. ITH adaptado a equinos. obtenido de http://www.veterinaryhandbook.com.au/ContentSection.aspx?id=51</i> | 7 |
| <i>Tabla 2. Valores máximos permitidos para equinos. Elaboración propia.</i> | 11 |
| <i>Tabla 3. Espacio mínimo necesario de separación entre caballos. Obtenida de la guía de buenas practicas para el transporte de caballos.</i> | 13 |
| <i>Tabla 4. Especificaciones de Arduino Mega 2560 Rev3. Obtenido de: https://store.arduino.cc/arduino-mega-2560-rev3</i> | 36 |
| <i>Tabla 5. Presupuesto para Prototipo EquioT. Elaboración propia.</i> | 65 |
| <i>Tabla 6. Lista de materiales. Elaboración propia.</i> | 68 |
| <i>Tabla 7. Coste de Mano de Obra Directa. Elaboración propia.</i> | 69 |
| <i>Tabla 8. Coste de Puesto de Trabajo y cálculo del consumo de los equipos. Elaboración propia.</i> | 69 |
| <i>Tabla 9. Hoja final de Presupuestos. Elaboración propia.</i> | 70 |
| <i>Tabla 10. Propuesta de Precio de Venta. Elaboración propia.</i> | 71 |

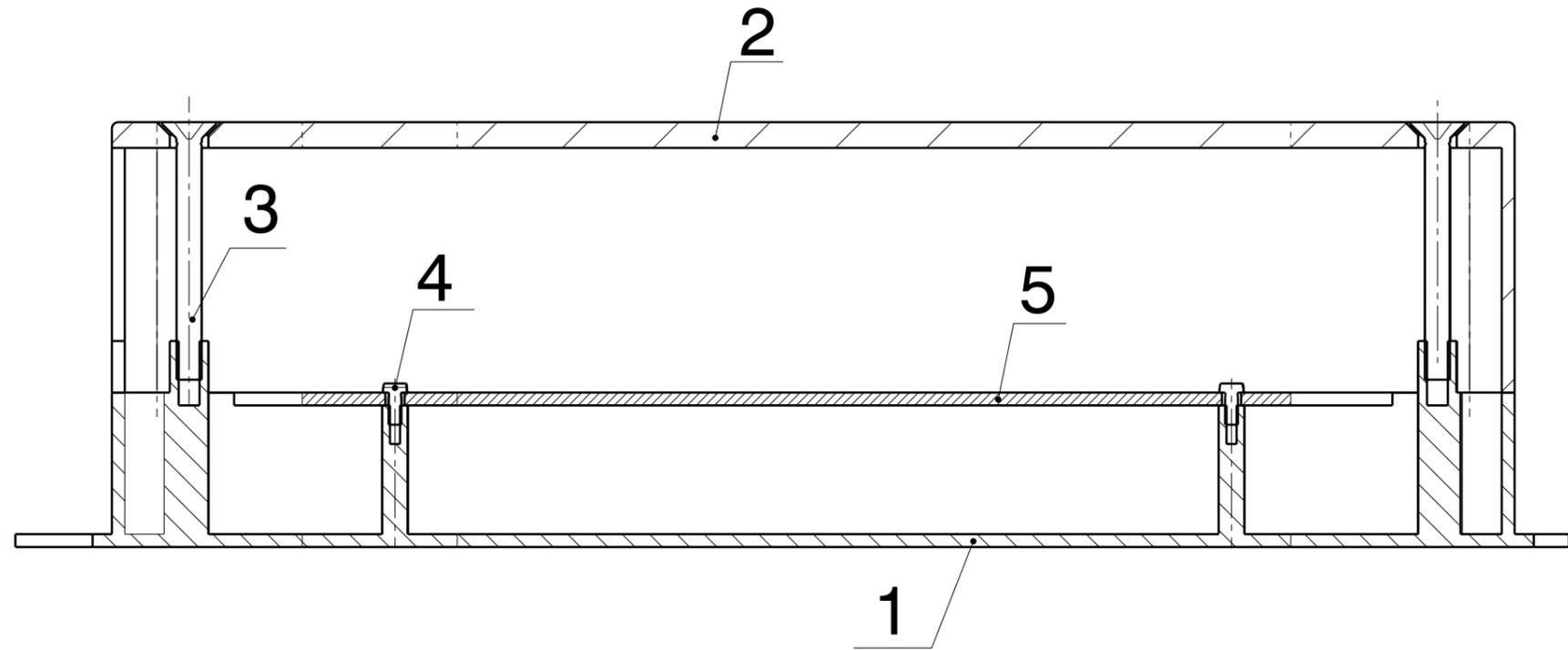
6. ANEXOS

1. *Planos Técnicos*

H G F E D C B A

4

4

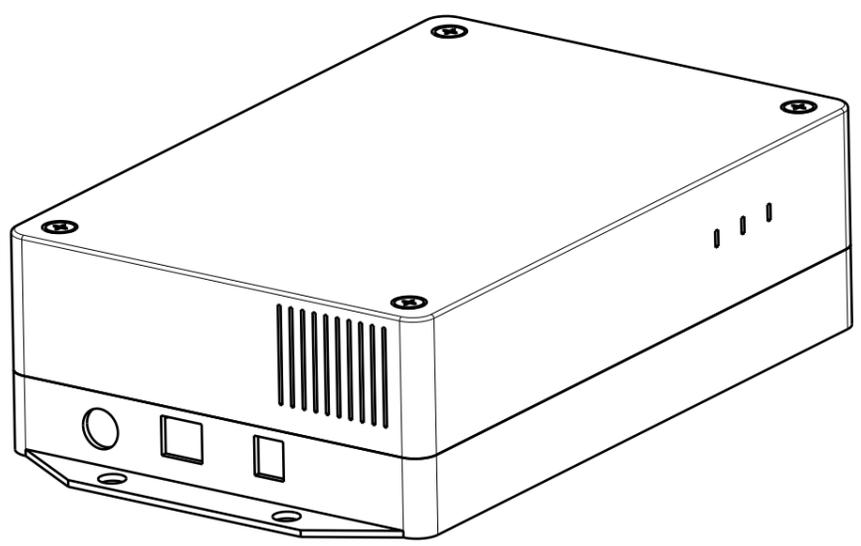


3

3

2

2



1

1

H G B A

| | | | |
|--------------|--|-------|----------|
| 1 | Hardware PCB Electrónico | 5 | |
| 4 | Tornillo de cabeza cilíndrica ISO 1207 - M2X5 - 4.8 | 4 | |
| 4 | Tornillo de cabeza avellanada ISO 7046-1 M4X40 - 4.8 - H | 3 | |
| 1 | Carcasa Superior: Módulo Emisor EquioT | 2 | PLA |
| 1 | Carcasa Inferior EquioT | 1 | PLA |
| Nº de Piezas | Denominación | Marca | Material |



Universidad de Valladolid

Dibujado por:
Garrido Freijanes,
Vicente José

Fecha:
01/05/2020

Corregido por:
Prádanos del Pico,
Roberto Enrique

Fecha:
19/05/2020

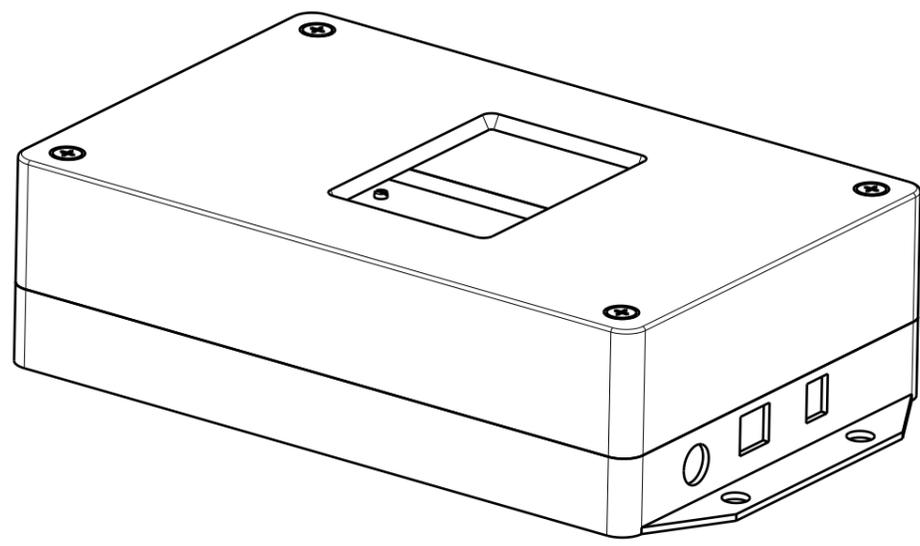
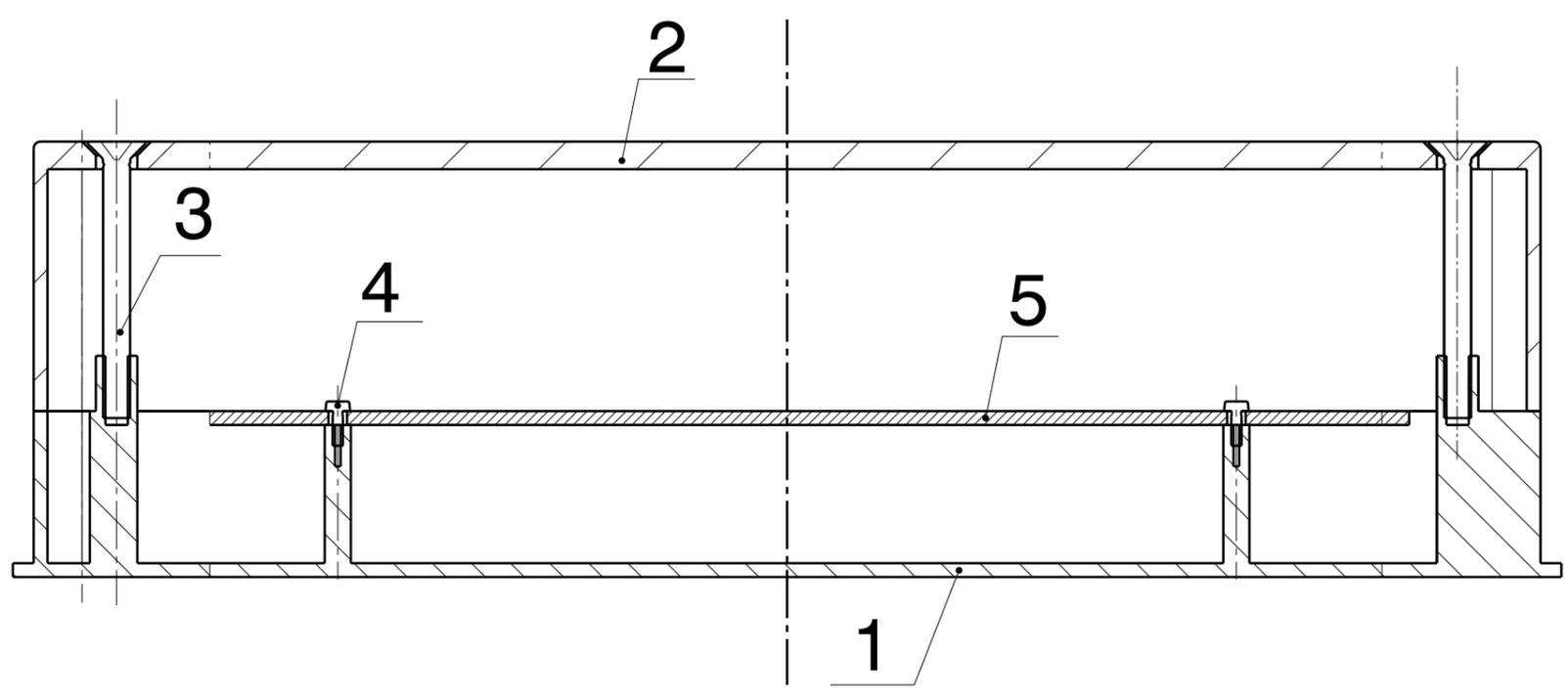
**Sistema de monitorización
para transporte equino: EquioT**

Plano de Conjunto:
Módulo Emisor EquioT

| | | |
|----------------------|---------------------------------------|-----------------|
| Tamaño: A3 | Tolerancias Generales: ISO 2768-mk | REV 1 |
|----------------------|---------------------------------------|-----------------|

Escala Principal: **1:1**

H G F E D C B A



| | | | |
|--------------|--|-------|----------|
| 1 | Hardware PCB Electrónico | 5 | |
| 4 | Tornillo de cabeza cilíndrica ISO 1207 - M2X5 - 4.8 | 4 | |
| 4 | Tornillo de cabeza avellanada ISO 7046-1 M4X40 - 4.8 - H | 3 | |
| 1 | Carcasa Superior: Módulo Receptor EquioT | 2 | PLA |
| 1 | Carcasa Inferior EquioT | 1 | PLA |
| Nº de Piezas | Denominación | Marca | Material |



Universidad de Valladolid

Dibujado por:
Garrido Freijanes,
Vicente José

Fecha:
01/05/2020

Corregido por:
Prádanos del Pico,
Roberto Enrique

Fecha:
19/05/2020

**Sistema de monitorización
para transporte equino: EquioT**

Plano de Conjunto:
Módulo Receptor EquioT

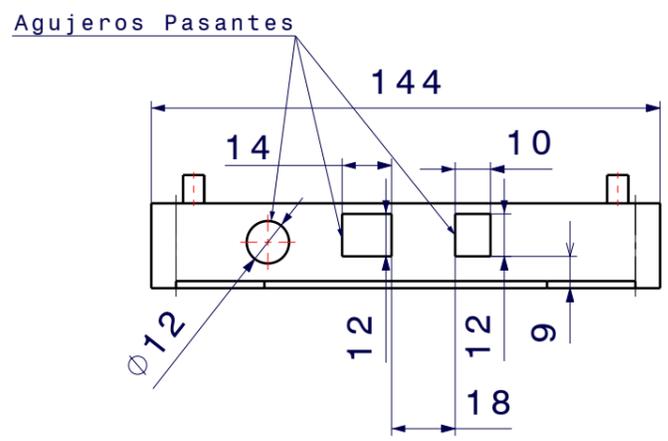
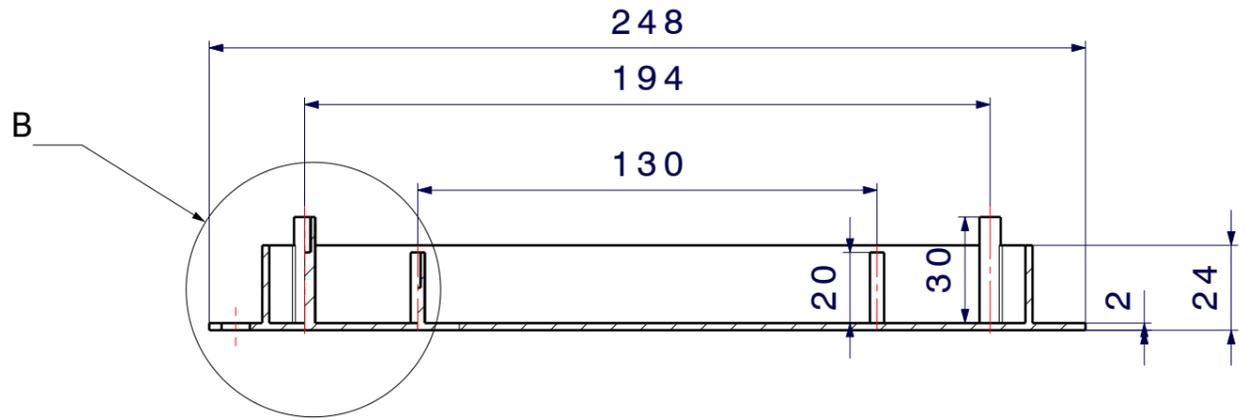
| | | |
|----------------------|---------------------------------------|-----------------|
| Tamaño: A3 | Tolerancias Generales: ISO 2768-mk | REV 1 |
|----------------------|---------------------------------------|-----------------|

Escala Principal: **1:1**

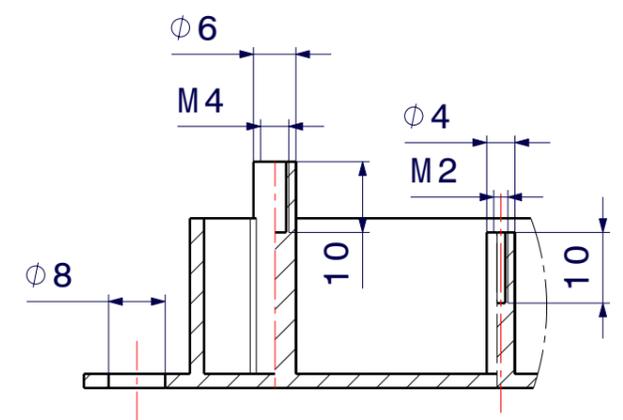
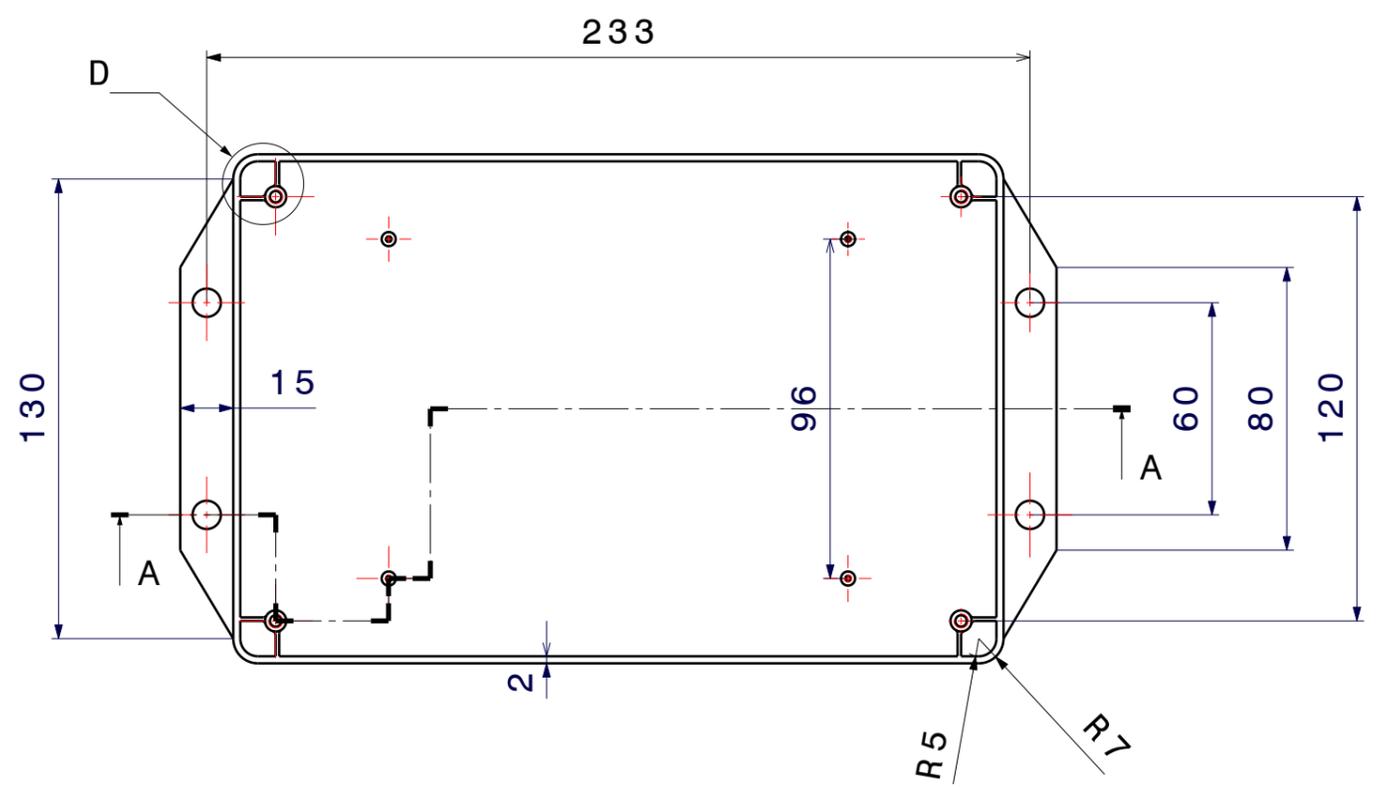
H G B A

H G F E D C B A

4

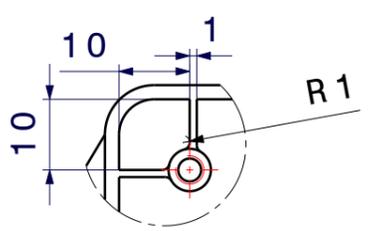


3



Detalle B
Escala 1:1

2



Detalle D 1:1

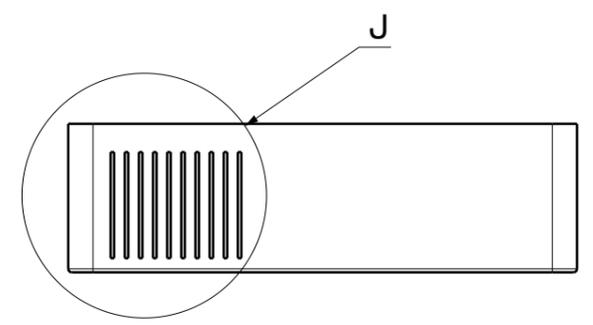
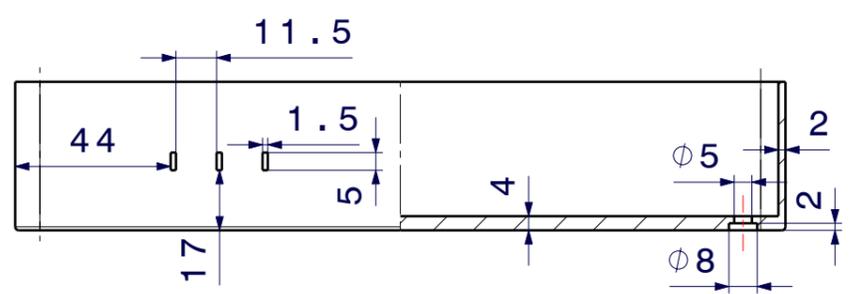
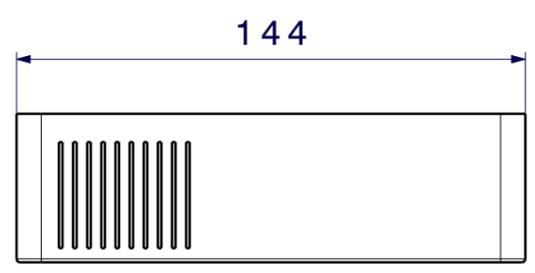
1

| | | | | | | | |
|---|--|---|--|--|---------------------------------------|------------------|----------|
|  Universidad de Valladolid | | Sistema de monitorización para transporte equino: EquioT | | | | | |
| Dibujado por: Garrido Freijanes, Vicente José | | Fecha: 01/05/2020 | | Título del Plano: Carcasa Inferior EquioT | | Marca 1 | |
| Corregido por: Prádanos del Pico, Roberto Enrique | | Fecha: 19/05/2020 | | Tamaño: A3 | Tolerancias Generales: ISO 2768-mk | Material: PLA | REV 1 |
| Escala Principal: 1:2 | | | | Escala de Detalle: 1:1 | | | |

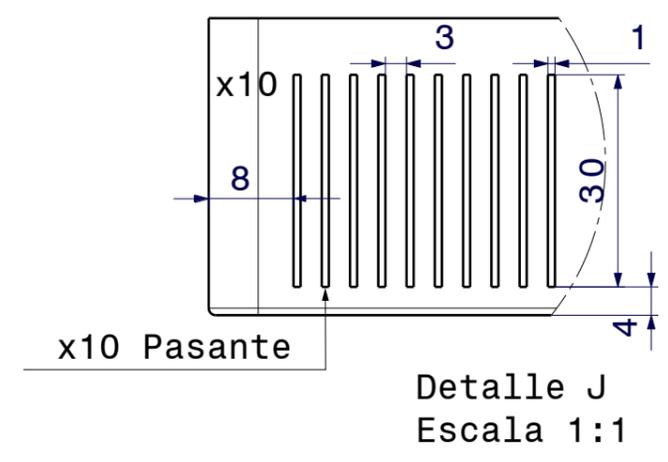
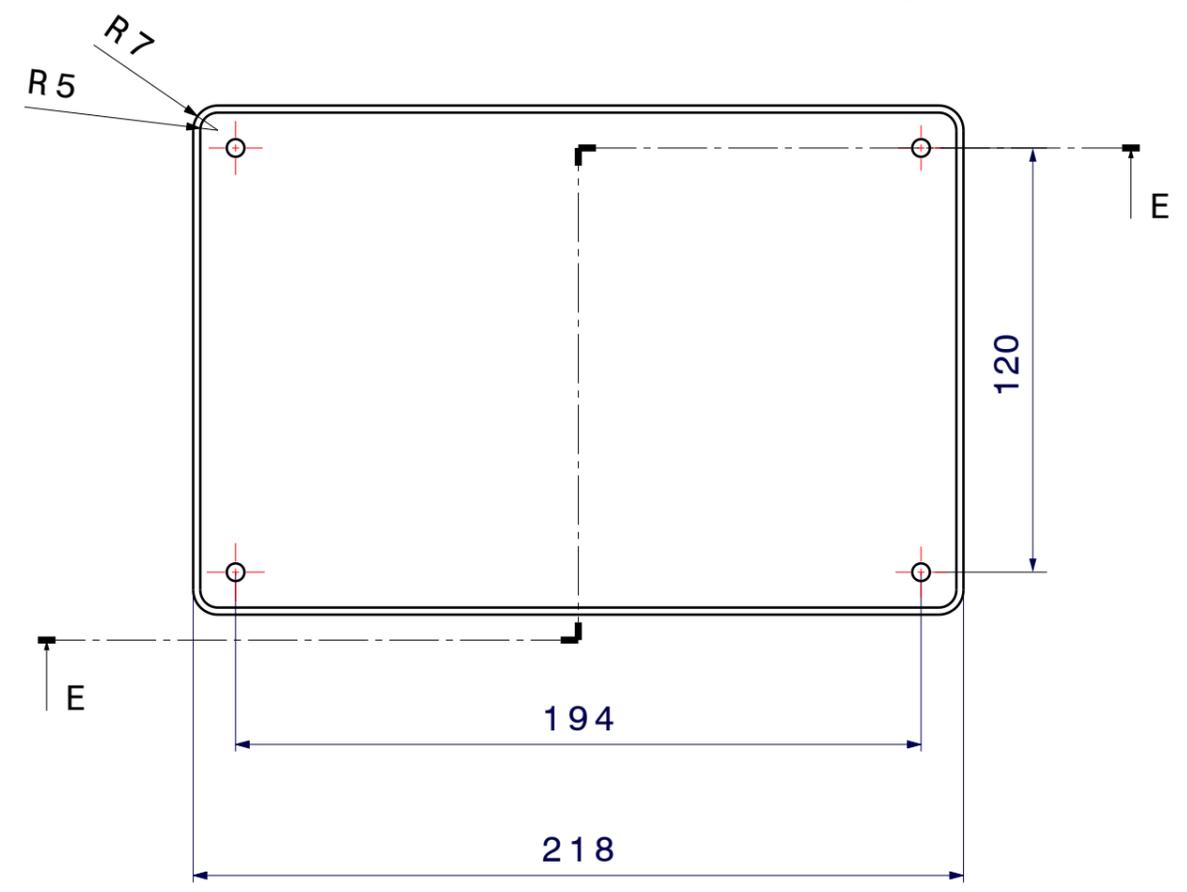
H G B A

H G F E D C B A

4



3



2

1

H G B A

| | | | | | |
|---|--|---|--|--|---------------------------------------|
|  Universidad de Valladolid | | Sistema de monitorización para transporte equino: EquioT | | | |
| Dibujado por: Garrido Freijanes, Vicente José | | Fecha: 01/05/2020 | | Título del Plano: Carcasa Superior Módulo Emisor EquioT | |
| Corregido por: Prádanos del Pico, Roberto Enrique | | Fecha: 19/05/2020 | | Tamaño: A3 | Tolerancias Generales: ISO 2768-mk |
| | | | | Material: PLA | REV 1 |
| | | | | Escala Principal: 1:2 Escala de Detalle: 1:1 | |

4

3

2

1

H G F E D C B A

4

3

2

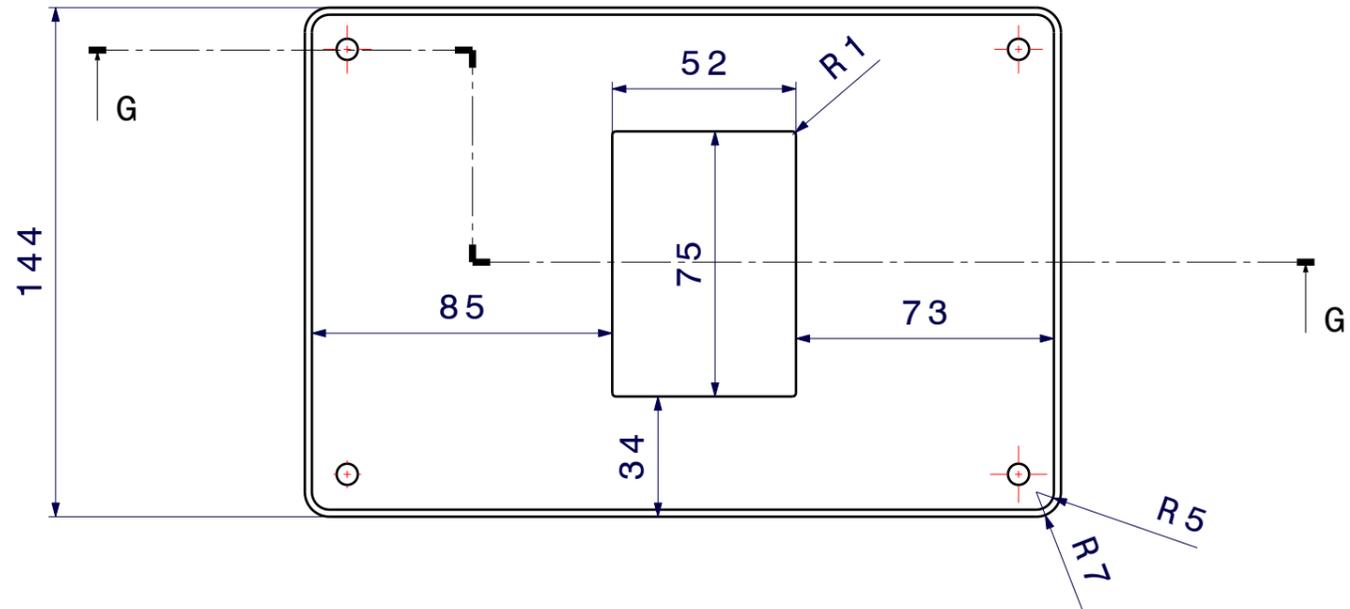
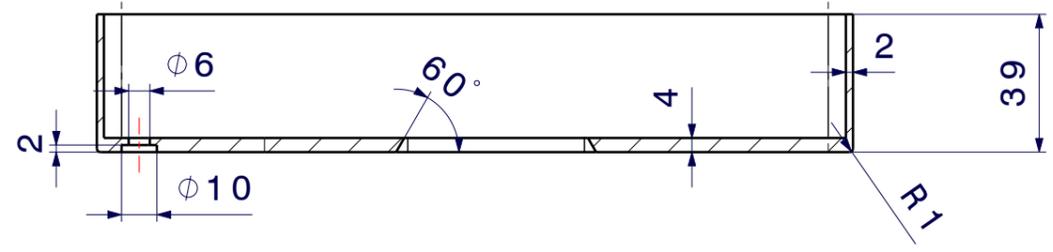
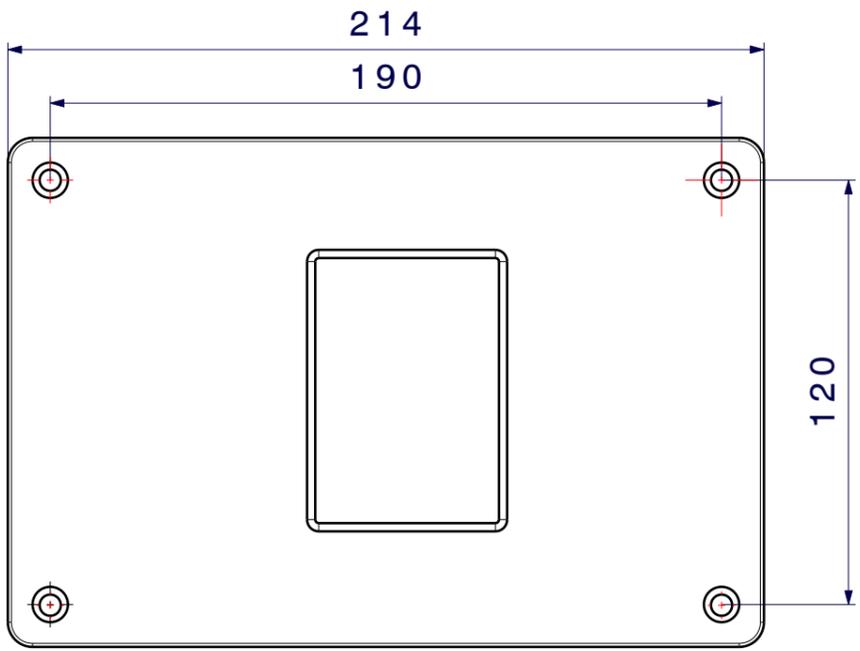
1

4

3

2

1



H G B A

| | | | | | |
|---|----------------------|---|---------------------------------------|-------------------------------|----------|
|  Universidad de Valladolid | | Sistema de monitorización para transporte equino: EquioT | | | |
| | | Título del Plano: Carcasa Superior Módulo Receptor EquioT | | | Marca 2 |
| Dibujado por: Garrido Freijanes, Vicente José | Fecha: 01/05/2020 | Tamaño: A3 | Tolerancias Generales: ISO 2768-mk | Material: PLA | REV 1 |
| Corregido por: Prádanos del Pico, Roberto Enrique | Fecha: 19/05/2020 | Escala Principal: 1:2 | | Escala de Detalle: 1:1 | |